



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS FIP

FIP - IT / 95 - 15

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

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

REQUIRENTE

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

EJECUTORES :

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

**INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA
OCTAVA REGION S. A.**
Director : DAGOBERTO ARCOS ROJAS

JEFE PROYECTO :

VILMA OJEDA C.

AUTORES :

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

VILMA OJEDA C.	Estudio edad macroincrementos
JUAN OLIVARES C.	Estudio edad macroincrementos
FERNANDO BALBONTIN C.	Estudio edad microincrementos
DAVID GARLAND R.	Estudio edad microincrementos

**INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA
OCTAVA REGION S. A.**

LUIS CUBILLOS S.	Estudio mortalidad
RUBEN ALARCON M.	Procesamiento y análisis mortalidad
MARIO GEORGE-NASCIMENTO F.	Estudio mortalidad por parásitos
AQUILES SEPULVEDA O.	Coordinador sección mortalidad

COLABORADORES :

FRANCISCO CERNA T.
MARIO AGUAYO H.
HERNAN MIRANDA P.

1. RESUMEN EJECUTIVO

Se comunican los resultados relacionados a los objetivos de validación de las estimaciones de edad y las determinaciones de mortalidad del recurso merluza común mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.

En las determinaciones de edad en otolitos enteros y seccionados transversalmente, en su modalidad sección pulida-tostada o lonjas, no se encontró diferencias sistemáticas, ni se detecta que las determinaciones de edades en los otolitos seccionados arrojen edades mayores como se ha observado en otras especies.

En base a la lectura de otolitos enteros, bajo hidratación y luz reflejada, el análisis de la secuencia de tipos de bordes e incremento marginal muestra que el crecimiento anual presenta una banda de crecimiento lento (hialina) y una banda de crecimiento rápido (opaco), observada preferentemente en el periodo de noviembre a mayo.

En las mediciones de los **annulis** se aprecian agrupaciones modales cuya progresión en el tiempo se manifiesta claramente. Esto junto a una fuerte correlación de las variables Longitud pez - Radio otolito indica que se ha analizado en base a una estructura que representa adecuadamente el crecimiento de los peces.

En el estudio del crecimiento de las larvas de merluza se logró alcanzar hasta 18 días como máxima sobrevivencia larval. Aunque la longitud estándar de las larvas no aumentó después de los 5 días desde la eclosión, el diámetro de los otolitos sagitales continuó aumentando hasta el fin del experimento.

Tomando en cuenta el número de microincrementos observados en larvas planctónicas, los resultados de los experimentos en el laboratorio y los antecedentes

sobre las larvas de otra especie del género **Merluccius**, se postula que la formación de microincrementos en los otolitos de las larvas de merluza común se realizaría diariamente, una vez consumido el vitelo.

Se demostró que el método de análisis microestructural de otolitos utilizado en otras especies de peces, es aplicable a juveniles de merluza común, distinguiéndose zonas de crecimiento rápido como lento. Fue posible observar y contar microincrementos en otolitos **sagittae** de juveniles de ambos sexos.

Aunque la periodicidad de los microincrementos de crecimiento no pudo ser validada directamente en juveniles de merluza común, es posible suponer que las estructuras presentes en la microestructura de los otolitos sagitales corresponden a incrementos diarios basados principalmente en la similitud morfológica de estas estructuras con las que presentan otras especies del género **Merluccius**.

La edad determinada por conteo de anillos hialinos (método tradicional) desde 0 a 2 anillos es aproximadamente la misma que la determinada por el método de los incrementos diarios, lo que implica que los dos primeros anillos hialinos son coincidentes tanto con técnicas de análisis de macroincrementos (anuales) como de microincrementos.

La estimación de parámetros de crecimiento se realiza empleando el método de regresión no lineal, en base a todas las edades individuales y en base a longitudes promedios para realizar comparaciones con estudios anteriores.

Del proceso de ajuste con datos individuales la función de crecimiento en longitud está representada por:

$$L_t = 52,8 \left(1 - e^{-0,36388(t+0,25606)} \right) \dots\dots machos$$

$$L_t = 69,4 \left(1 - e^{-0,19578(t+0,65765)} \right) \dots\dots hembras$$

La función de crecimiento en peso queda expresada por :

$$W_t = 1.244,4 \left(1 - e^{-0,26682(t+0,82176)} \right)^{2,78051}, \quad \text{machos}$$

$$W_t = 4.743,6 \left(1 - e^{-0,09735(t+2,599753)} \right)^{3,06308}, \quad \text{hembras}$$

Se empleó el método de la estimación de la mortalidad natural inducida por parásitos. El examen parasitológico de 2.150 ejemplares de merluza común **Merluccius gayi** muestreados entre 1990 y 1996 desde los desembarques en la VIII Región, revelaron que el 62,6% de los hospedadores estaba parasitado por larvas del nemátodo **Anisakis** sp, cuya abundancia osciló entre 0 y 44 parásitos. Tanto la prevalencia como la abundancia y la dispersión estadística de la abundancia de parásitos aumentan con la edad de las merluzas. Aunque se encontraron desviaciones significativas entre la distribución de frecuencias observadas de la abundancia parasitaria con respecto a las esperadas según una distribución binomial negativa, las observaciones sugieren ausencia de mortalidad de la merluza común, debida a esta parasitosis. Se sugieren cuales otros grupos taxonómicos de parásitos pudiesen ser mejores candidatos que **Anisakis** para estimar la mortalidad natural.

Se determinó valores de la tasa instantánea de mortalidad natural y/o total mediante análisis de curvas de captura y métodos empíricos. En el primer caso, se estimó la mortalidad total por año y sexo entre 1975 y 1992. En el caso de los métodos bioanalógicos, la tasa instantánea de mortalidad natural fluctúa, dependiendo del método, entre 0,352 y 0,454 año⁻¹ para los machos; entre 0,140 y 0,399 año⁻¹ para hembras y entre 0,163 y 0,383 año⁻¹ para ambos sexos conjuntamente.

Ninguno de los métodos produjo estimaciones de M estadísticamente diferentes entre machos y hembras. Sin embargo al realizar una estimación combinada consistente en un promedio ponderado por el inverso de la varianza, las estimaciones de M de machos y hembras aparecen siendo estadísticamente diferentes a un nivel de 80% de confianza. En este contexto, las estimaciones de M utilizando el método combinado aparecen siendo más razonables, ya que internaliza la precisión de los diferentes métodos y los supuestos subyacentes de cada uno. Los valores recomendables para la merluza chilena, son $M = 0,32 \text{ año}^{-1}$ para machos y $M = 0,18 \text{ año}^{-1}$ para hembras, con límite de confianza de 80% de (0,25 - 0,38) y (0,15 - 0,24), respectivamente.

2. INDICE GENERAL

	Página
1. RESUMEN EJECUTIVO	1
2. INDICE GENERAL	5
3. INDICE DE FIGURAS	7
4. INDICE DE TABLAS	12
5. INTRODUCCION	16
6. OBJETIVOS	17
7. ANTECEDENTES	18
8. METODOLOGIA	21
8.1 Zona de estudio	21
8.2 Muestreo	21
8.3 Estudio de edad	24
8.3.1. Estudio de macroincrementos de crecimiento	24
8.3.1.1 Técnicas de preparación de otolitos y lectura	24
8.3.1.2 Periodicidad en la formación de los anillos de crecimiento	28
8.3.1.3 Precisión en las determinaciones de edad	29
8.3.1.4 Retrocálculo de longitudes de los peces	35
8.3.1.5 Modelo de crecimiento	38
8.3.1.6 Métodos de estimación de los parámetros de crecimiento	41
8.3.1.7 Comparación de las curvas de crecimiento	42
8.3.2. Estudio de microincrementos de crecimiento	47
8.3.2.1 Validación de microincrementos en larvas de merluza común	47
8.3.2.2 Lectura de microincrementos presentes en otolitos <i>sagittae</i> de juveniles	50
8.4 Estudio de Mortalidad Natural	52
8.4.1 Método de Caddy (1984)	52
8.4.2 Método de Rikhter y Efanov (1976)	54
8.4.3 Método de Pauly (1980)	55
8.4.4 Método de Alagaraja (1984) y Taylor (1958)	55
8.4.5 Método en base a la edad crítica	57
8.4.6 Método que utiliza la fauna de parásitos	58

8.4.7	Evaluación de la precisión de la mortalidad natural	60
9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
9.1	Estudio de macroincrementos de crecimiento	63
9.1.1	Preparación y observación de muestras	63
9.1.2	Comparación de las determinaciones de edad	66
9.1.3	Periodicidad de formación de anillos de crecimiento	72
9.1.4	Distribución de frecuencia por annulis	73
9.1.5	Retrocálculo basado en las mediciones de otolitos enteros	73
9.1.6	Estimación de los parámetros de crecimiento	75
9.1.6.1	Tratamiento de la información	75
9.1.6.2	Ajuste de parámetros de crecimiento en longitud	77
9.1.6.3	Comparación de parámetros de crecimiento entre sexos	80
9.1.6.4	Ajuste de parámetros de crecimiento en peso	82
9.2	Estudios de microincrementos de crecimiento	83
9.2.1	Validación de microincrementos en larvas de merluza común	83
9.2.2	Lectura de microincrementos presentes en otolitos sagittae de juveniles ..	88
9.3	Estudio de Mortalidad Natural	94
9.3.1	Método de Caddy (1984)	94
9.3.2	Método de Rikhter y Efanov (1976)	95
9.3.3	Método de Pauly (1980)	97
9.3.4	Método de Alagaraja (1984) y Taylor (1959)	98
9.3.5	Método en base a al edad crítica	99
9.3.6	Método que utiliza la fauna de parásitos	100
9.3.7	Combinación de las estimaciones de mortalidad natural.....	102
9.3.8	Discusión de las estimaciones empíricas de M para M. gayi gayi	104
10.	CONCLUSIONES.....	108
11.	AGRADECIMIENTOS	113
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	114

FIGURAS

TABLAS

3. INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1 Diagrama de un otolito de merluza común **Merluccius gayi gayi**
- Fig. 2 Vista de la cara externa de otolito izquierdo hidratado de merluza común **Merluccius gayi gayi**.
a) Cuatro años (largo total otolito 172 d.m.o)
b) Diez años (largo total 212 d.m.o)
- Fig. 3 Vista de sección del otolito con preparación SPT del pez de cuatro años de edad, bajo dos diferentes acercamientos. (largo total de la sección 64 dmo)
- Fig. 4 Vista de sección del otolito derecho con preparación SPT, del pez de 10 años de edad, bajo dos diferentes acercamientos.
(largo total de la sección 72 dmo).
- Fig. 5 Lonja central del otolito derecho del pez de cuatro años en diferentes aumentos a) Sólo con luz reflejada. b) Con iluminación reflejada y transmitida pero con fondo relativamente oscuro.
(largo total de la lonja 64 d.m.o)
- Fig. 6 Lonja central del otolito de diez años en diferentes aumentos a) Con fondo transparente y luz transmitida y b) Con luz reflejada y con fondo oscuro.
(largo total de la lonja 72 d.m.o)
- Fig. 7 Comparación entre las determinaciones de edad sobre diferentes muestras. La barra vertical representa el intervalo de 95% alrededor de la media.

- Fig. 8 Distribución de proporción de bordes, para peces con 3 y 4 años y para el total de las edades (a) y valor del incremento marginal (b) durante 1996.
- Fig. 9 Distribución de frecuencia (%) de los radios por annulis en los otolitos de merluza común machos (línea continua) y hembras (línea punteada).
- Fig. 10 Dispersión de los datos de Longitud pez-Radio del otolito y de sus residuos para merluza común machos.
- Fig. 11 Dispersión de los datos de Longitud pez-Radio del otolito y de sus residuos para merluza común hembras.
- Fig. 12 Dispersión natural de las longitudes estimadas de merluza común para cada edad y curva ajustada.
- Fig. 13 Dispersión natural de los pesos estimados de merluza común para cada edad y curva ajustada.
- Fig. 14 Relación entre el diámetro de los otolitos, expresado en micrómetros, y la edad en días después de la eclosión, en larvas de merluza común **Merluccius gayi gayi** criadas en el laboratorio.
- Fig. 15 Relación entre el diámetro de los otolitos expresado en micrómetros, y la longitud estándar en mm, en larvas planctónicas de merluza común **Merluccius gayi gayi**.

- Fig. 16 Relación entre el número de microincrementos de crecimiento en otolitos sagitales y la longitud estándar en mm, en larvas planctónicas de merluza común **Merluccius gayi gayi**.
- Fig. 17 Observación al microscopio con aumento 1250x de otolitos de larvas de merluza común **Merluccius gayi gayi** criadas en el laboratorio. (a) Otolito de 19 μm de diámetro de una larva de 4 días desde la eclosión; (b) Otolito de 49 μm de diámetro de una larva de 18 días desde la eclosión.
- Fig. 18 Observación al microscopio de otolitos de larvas planctónicas de merluza común **Merluccius gayi gayi**.
a) Larva de 6,8 mm LS y otolito de 122 μm de diámetro (aumento 500x);
b) Larva de 13,2 mm LS y otolito de 371 μm de diámetro (aumento 500x);
c) Larva de 17,7 mm LS y otolito de 507 μm de longitud (aumento 250x).
- Fig. 19 Distribución de frecuencia de tallas de la muestra de merluzas juveniles **Merluccius gayi gayi** y submuestra proporcional usada para el análisis microestructural de otolitos.
- Fig. 20 Réplica de un corte dorso-ventral del núcleo del otolito sagital derecho de un ejemplar juvenil de merluza común **Merluccius gayi gayi**, observado con aumento de (a) 312x y (b) 500x.
- Fig. 21 Réplica de un corte dorso-ventral de la zona central del otolito sagital derecho de ejemplares juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**, observados con aumento 500x. (a) # 1-25 y (b) # 4-23.

- Fig. 22 Réplica de un corte dorso-ventral del borde del otolito sagital derecho de ejemplares juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**. (a) # 19-32 observado con aumento 500x y (b) # 7-3 observado con 250x.
- Fig. 23 Relación entre la edad en número de anillos hialinos y la edad en microincrementos diarios, expresada en años, en otolitos de juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**.
- Fig. 24 Ajustes lineales para la relación entre la edad en número de anillos hialinos y la edad en microincrementos diarios expresada en años, en juveniles entre 0 y 2 años ($b = 1,063$) y juveniles iguales o mayores de 3 años ($b = -0,0443$) en merluza común **Merluccius gayi gayi**.
- Fig. 25 Tasas de mortalidad de machos y hembras de **Merluccius gayi gayi**, obtenidos a partir de las curvas de pesca (símbolos) y valores en equilibrio (línea continua). Período 1975-1992.
- Fig. 26 Relación entre las tasas de mortalidad total equilibradas de hembras y machos de **Merluccius gayi gayi**.
- Fig. 27 Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** según el método de Rikhter & Efanov (1976).
- Fig. 28 Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** según el método de Pauly (1980).

- Fig. 29 Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** según el método de Alagaraja-Taylor.
- Fig. 30 Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** según el método de Alverson & Carney (1975).
- Fig. 31 Distribuciones de frecuencias observadas y esperadas según una distribución binomial negativa del número de larvas de **Anisakis** sp. en la merluza común **Merluccius gayi gayi**.
- Fig. 32 Relación entre la dispersión estadística y la abundancia de **Anisakis** en merluza común **Merluccius gayi gayi**.
- Fig. 33 Distribución de frecuencia de 5000 valores alternativos e igualmente probables para la evaluación de la precisión validación de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi**.
- Fig. 34 Comparación de las estimaciones de la mortalidad natural para machos y hembras de **Merluccius gayi gayi** con los métodos empíricos: RI&EVANOF= Rickhter & Efanov (1976), PAULY= Pauly (1980), TAYLOR= Taylor (1960), ALV&CAR= Alverson & Carney (1975), COMBINADO= promedio ponderado por el inverso de la varianza.

4. INDICE DE TABLAS

- Tabla 1 Porcentaje de concordancia en las determinaciones de edad entre diferentes lectores analizando otolitos enteros y entre las determinaciones de edad empleando diferentes técnicas de preparación en otolitos de merluza común.
- Tabla 2 Edades de merluza común a) Comparación entre dos lectores analizando otolitos enteros ; b) comparación entre técnicas SPT v/s L.
- Tabla 3 Edades de merluza común a) Comparación entre técnicas E v/s SPT ; b) comparación entre técnicas E v/s L.
- Tabla 4 Resúmen de los estadísticos de la regresión, coeficiente y límites de confianza.
- Tabla 5 Longitudes promedio retrocalculadas y ajustadas para cada **annulis** y valores de interés asociados, para merluza común machos.
- Tabla 6 Longitudes promedios retrocalculadas y ajustadas para cada **annulis** y valores de interés asociados, para merluza común hembras.
- Tabla 7 Parámetros de crecimiento estimados para merluza común empleando datos individuales y longitudes promedios (presente estudio y Aguayo y Ojeda, 1987).

-
- Tabla 8 Párametros de crecimiento obtenidos para merluza común empleando datos individuales y pesos estimados por edad.
- Tabla 9 Resultados del cultivo de huevos de merluza común **Merluccius gayi gayi** en el laboratorio. Se incluyen las pescas para la obtención de larvas planctónicas.
- Tabla 10 Edad en días y longitud estándar promedio en mm de las larvas de merluza común **Merluccius gayi gayi** criadas en el laboratorio.
- Tabla 11 Estructura de edades (%) generadas por los dos métodos de determinar edades en juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**.
- Tabla 12 Parámetros estimados de las regresiones entre las edades determinadas por los métodos de lectura de anillos hialinos y por microincrementos en juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**.
- Tabla 13 Estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad total de machos (Z_m), hembras (Z_h) de **Merluccius gayi gayi** obtenidas a partir de las curvas de pesca (\pm límites de 95% de confianza) y estimaciones del inverso de los coeficientes de mortalidad (t_{50}).
- Tabla 14 Resultados del análisis de regresión entre la mortalidad total de machos (Z_m) y la mortalidad total de hembras de (Z_h) de **Merluccius gayi gayi**.

-
- Tabla 15 Parámetros de crecimiento en longitud de machos, hembras y ambos sexos conjuntamente, obtenidos de Aguayo & Ojeda (1987). Entre paréntesis se indica el error estándar de los parámetros.
- Tabla 16 Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** obtenidos con el método de Rikhter & Efanov (1976).
- Tabla 17 Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** obtenidos con el método de Pauly (1980).
- Tabla 18 Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** obtenidos con el método de Alagaraja (1984) y Taylor (1959).
- Tabla 19 Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** obtenidos con el método de Alverson & Cartney (1975).
- Tabla 20 Distribuciones de frecuencias absolutas, desglosadas por sexo y para el total, de las clases de edad de las 2.150 merluzas **Merluccius gayi gayi** consideradas en los análisis.
- Tabla 21 Prevalencia y abundancia promedio de larvas de **Anisakis** según clases de edad de la merluza común **Merluccius gayi gayi** (desviación estándar entre paréntesis), junto a sus respectivos tamaños muestrales.

-
- Tabla 22 Distribuciones de frecuencias porcentuales del número de larvas de **Anisakis** por merluza en cada clase de edad. Se indica el número de ejemplares por clase.
- Tabla 23 Resumen estadístico de los 5000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** para machos, hembras y ambos sexos.
- Tabla 24 Estimados de la tasa instantánea de mortalidad natural en base a los parámetros de crecimiento ajustados en el presente estudio e intervalos de confianza obtenidos empleando los parámetros de Aguayo y Ojeda, 1987.

5. INTRODUCCION

La merluza común (**Merluccius gayi gayi**) es el principal recurso demersal en la zona centro-sur del país, cuya pesquería está referida a las actividades extractivas industriales y artesanales que se desarrollan en el litoral de las regiones IV a X.

La pesquería de **Merluccius gayi gayi** ha sido declarada en estado de plena explotación, siendo actualmente regulada a través del establecimiento de cuotas anuales de captura. Las evaluaciones de la abundancia de **Merluccius gayi gayi** se realizan anualmente mediante métodos indirectos, como el Análisis Secuencial de Población (ASP).

Si bien es cierto que para merluza común se ha investigado acerca del desarrollo sincrónico de los anillos de crecimiento y se ha estimado la tasa instantánea de mortalidad natural, se hace necesario en el presente aplicar otros métodos y/o técnicas de análisis que permitan contrastar y validar las determinaciones de edad y de mortalidad natural.

6. OBJETIVOS

a) Objetivo general

Validar los métodos aplicados en la estimación de la edad y crecimiento y determinar la mortalidad natural en el recurso merluza común (**Merluccius gayi gayi**) capturado en la zona centro-sur de Chile (Regiones IV a X).

b) Objetivos específicos

1. Validar las estimaciones del crecimiento en longitud y peso del recurso merluza común mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.
2. Validar las estimaciones de edad del recurso merluza común mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.
3. Determinar la mortalidad natural del recurso merluza común mediante el análisis individual y comparado de diferentes técnicas y/o procedimientos.

7. ANTECEDENTES

En las especies del género **Merluccius** se ha empleado los otolitos con buenos resultados para la determinación de la edad (Aguayo, 1971; Dark, 1975; Beamish, 1979; FAO, 1981; Chilton y Beamish, 1982; ICSEAF, 1983; Dioses, 1985; Ojeda y Aguayo, 1986; Aguayo y Ojeda, 1987), ellos revelan una secuencia de bandas de crecimiento susceptibles de ser analizadas y dependerá de la técnica de preparación que se emplee la facilidad que entregue la muestra para su lectura.

Actualmente se emplean como método de verificación de la edad asignada a los peces, el analizar diferentes estructuras duras y comparar la edad que entregan, o bien, en una misma estructura dura tal como los otolitos, realizar lecturas de ellos en diferentes ángulos de crecimiento.

Si bien es cierto que la edad asignada por el uso de estructuras duras en determinada especie podría confirmarse por métodos directos, como lo es el marcaje y la recaptura, se sabe que son experiencias de difícil acceso en nuestro país.

En los últimos años se ha visto que con el mismo objetivo de confirmar la edad de los peces, se están empleando procedimientos independientes, ya sea empleando técnicas que miden el desequilibrio radiactivo entre ^{226}Ra y ^{210}Pb (para peces de mayor longevidad) (Fenton *et al*, 1990; Campana *et al*, 1990; Fenton *et al*, 1991) y técnicas de medición de componentes fluorescentes que varían con la edad (Hill y Womersley, 1991), considerándose éstas como técnicas a las que se podrá acceder en el futuro.

Otras técnicas de validación que se emplean usualmente es el seguimiento en el tiempo de modas bien identificadas en las distribuciones de frecuencia - longitud y a

pesar de ser éste un método muy antiguo sobre el cual se han desarrollado notables avances en su procedimiento, tiene la condicionante de que la sobreposición de las clases modales sucesivas y la necesidad de tener representadas las muestras no selectivamente, son fuente de problema para aplicar estos métodos por sí solos.

El descubrimiento que los otolitos de muchas especies de peces presentan microincrementos diarios, ha permitido realizar importantes avances en la determinación de la edad y modelar el crecimiento de larvas y peces jóvenes. El depósito de incrementos diarios en otolitos de peces teleósteos, se ha observado tanto en taxa de habitat dulceacuícolas como marinos y en especies de regiones tropicales hasta los polos (Campana & Neilson, 1985; Garland, 1987).

Los incrementos diarios han sido usados en la investigación pesquera para determinar la edad de larvas y juveniles de peces, documentando el tiempo y duración del desove, desarrollo, eventos y estados tempranos de la historia de vida (Campana & Neilson 1985; Garland 1987). En adultos su principal aplicación ha sido la determinación de la edad de peces tropicales y la validación de macroincrementos en peces de aguas frías (Miranda 1978, Taubert & Tranquilli 1982; Victor & Brothers 1982; Garland 1990, 1993).

En Chile se han observado microincrementos diarios en otolitos de juveniles y adultos de baúnco **Girella laevis** (Garland 1985; 1991), adultos, juveniles y larvas de sardina **Sardinops sagax** (Castillo et al. 1985; Balbontín & Butler 1988; Garland 1989, 1990), anchoveta **Engraulis ringens** (Herrera et al. 1985). Para el caso específico de la merluza común **Merluccius gayi gayi**, se han realizado observaciones preliminares (Miranda-Brandt com. pers.) y un trabajo que se incluye en el informe final de un proyecto financiado por el PNUD, en el cual se describen microincrementos en las **sagitta** de ejemplares adultos (Garland 1990). Para otras

especies del género **Merluccius**, se reportan observaciones microestructurales hechas en adultos de **Merluccius bilinearis** (Pannella 1971, 1974); en **Merluccius angustimanus** y **Merluccius** sp (Brothers et al. 1976); y en **Merluccius paradoxus** (Morales-Nin 1980).

En relación a los valores de la tasa de mortalidad natural (M) que se utilizan para evaluar el stock mediante el ASP, se tiene que se basan en aquellos predichos por la ecuación empírica de Pauly (1980), siendo $M = 0,43 \text{ año}^{-1}$ en los machos y $M = 0,26 \text{ año}^{-1}$ en las hembras (Payá et al., 1992; 1993). Estos valores han sido estimados usando los parámetros de crecimiento en longitud del modelo de von Bertalanffy comunicados por Aguayo & Ojeda (1987) y una temperatura promedio anual del habitat estimada en 11°C . Previamente, Aguayo & Robotham (1984) estiman valores de $0,45 \text{ año}^{-1}$ y $0,30 \text{ año}^{-1}$ para machos y hembras, respectivamente, con el mismo método; y $M = 0,40 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos mediante la relación existente entre la tasa de mortalidad total y el esfuerzo de pesca estándar.

Recientemente, Cubillos (1994) utiliza $M = 0,35 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos. Arancibia & Cubillos (1993), en cambio, estiman $M = 0,30 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos, en base a los valores de $M = 0,43 \text{ año}^{-1}$ para machos y $M = 0,26 \text{ año}^{-1}$ para hembras, previamente citados. Similar valor de mortalidad natural ($M = 0,3 \text{ año}^{-1}$) informa para ambos sexos Cubillos (1992) y Cubillos et al. (1994).

Los valores de mortalidad natural citados presentan cierta concordancia, situación que se debería al uso de sólo un método básico de estimación como es la ecuación empírica de Pauly (1980). Otros métodos, sin embargo, no han sido explorados en la estimación de la mortalidad natural de **M. gayi gayi** y menos en una evaluación de la precisión de los estimados.

8. METODOLOGÍA

8.1 Zona de estudio

El área que cubre este estudio es aquella que define el Decreto Supremo N° 354 (MINECOM) de 1993, donde se establece que la unidad de pesquería de **Merluccius gayi gayi** corresponde al área donde se desarrollan actividades extractivas industriales en el litoral marítimo de las regiones IV a X (41°28,6'S).

8.2 Muestreo

Los planes de muestreo que aquí se describen, corresponden a la toma de información que efectúa sistemáticamente el IFOP en base a otros estudios que realiza periódicamente. Básicamente, para este proyecto, se emplea información del período 1995 - 1996. A continuación se describe en forma básica algunos aspectos de la toma de información:

a) Operación y organización del sistema de recolección

El sistema de toma de datos a nivel nacional es coordinado centralmente por un equipo de profesionales estadísticos, que se encargan del desarrollo del diseño y aseguramiento de la calidad de los datos. El equipo de muestreadores para la pesquería que están distribuidos desde Valparaíso a Talcahuano, dedicados tanto a la pesca Industrial como Artesanal, dependen de un coordinador de campo, el que además de participar en la toma de datos vela porque las normas y pautas técnicas impartidas se cumplan, siguiendo los estándares y procedimientos que previamente se han definido (IFOP, 1985).

La función principal del equipo de muestreadores es la captación de datos a bordo de las embarcaciones seleccionadas para muestreo y en tierra (plantas procesadoras, caletas), siguiendo los instructivos desarrollados para estos fines.

b) Procedimientos de recopilación en la pesquería industrial

Los datos biológico-pesquero se obtienen a bordo de las embarcaciones por los muestreadores, previa autorización del embarque por parte de las empresas. Una vez obtenida la muestra, se inicia la obtención de datos de cada uno de los ejemplares de acuerdo al tipo de variable o característica en estudio.

Para los muestreos de longitud se procede a tomar un total de 4 cajas por lance. Para el muestreo biológico específico se toma una muestra de aproximadamente 50 ejemplares por zona, de los cuales se toman medidas de peso, sexo, madurez y otolitos.

Longitud: a cada ejemplar de la muestra se mide su longitud total.

Peso: a cada ejemplar se le mide el peso total, eviscerado y peso de gónadas.

Sexo y madurez sexual: a cada ejemplar se le determina el sexo a través de la observación directa de las gónadas y la madurez sexual mediante criterios macroscópicos (tamaño, forma, color etc.), clasificando la observación de acuerdo a la escala de madurez específica para cada recurso (Balbontín y Fisher, 1981).

Extracción de otolitos: a cada ejemplar se le extraen los otolitos sagitales, se limpian, se secan y se almacenan en sobres, anotando en cada sobre la identificación y características del ejemplar.

c) Digitación de datos

Los datos obtenidos son digitados, generando para cada uno de ellos los archivos de bitácoras; muestreo de longitud y muestreo biológico específico.

La estructura de cada uno de estos archivos contienen a las variables indicadas, que finalmente permiten generar la información requerida en el estudio.

d) Plan de control de calidad de datos y diseños

La confiabilidad del diseño requiere necesariamente velar por la calidad de la información, es sabido que si los datos son deficientes, entonces la información como proceso de transformación de éstos no tendrá valor alguno. En este contexto, tanto los diseños de muestreo como los datos que se capturen deben necesariamente entrar a procesos de control de calidad, que aseguren la confiabilidad de la información.

El control de calidad pasa por desarrollar un conjunto de actividades, tales como:

- Validación de datos en base a estándares
- Verificación de estándares de muestreos
- Diseños e implementación de procedimientos de control
- Procesamiento y análisis de datos para control
- Seguimiento del desarrollo del diseño
- Actualización de los diseños de muestreo
- Desarrollo de experiencias pilotos para el mejoramiento de los diseños
- Análisis de datos

8.3 Estudio de edad

8.3.1 Estudio de macroincrementos de crecimiento

8.3.1.1 Técnicas de preparación de otolitos y lectura

De los tres pares de otolitos que presentan los peces, los otolitos sagitales son los más usados en estudios de edad. El procedimiento de obtención de los otolitos de merluza común consiste en extraerlos de la cabeza del pez, limpiarlos y almacenarlos en seco, en pequeños sobres de papel rotulados.

Otra manera de preservar los otolitos ha sido el almacenarlos en frascos pequeños sumergidos en agua, procedimiento que ha sido recomendado por FAO (1981), lo cual permite mantener la nitidez de los anillos. La desventaja respecto al almacenaje en seco, es que requiere una manipulación cuidadosa y ocupa un mayor espacio. Por otra parte, el otolito seco, además de ocupar menor espacio en su almacenaje, recupera en buena forma la nitidez de la estructura anular, permitiendo una adecuada lectura. Ambas características han hecho preferir este último procedimiento.

En el actual estudio, los otolitos han sido sometidos a tres técnicas diferentes de preparación para su posterior lectura.

a) Otolitos enteros

Del par de otolitos, se selecciona el izquierdo para hidratación y el derecho para la preparación de cortes. En el proceso de hidratado, se emplean bandejas de

hidratación, las que contienen cápsulas plásticas rotuladas; en las que se mantienen los otolitos en agua, por un período de aproximadamente 12 horas o más.

La hidratación permite devolverle al otolito un grado de nitidez que lo hace susceptible de ser analizado. En merluza común, la hidratación de los otolitos por tiempos prolongados (varios días) no le afecta la nitidez alcanzada como es el caso de otras especies, tal como los otolitos de jurel, los cuales en un tiempo muy breve se sobrehidratan perjudicando la nitidez de la muestra.

En la observación se emplean lupas estereoscópicas con aumento 10X; la ubicación del núcleo se facilita con el uso de luz transmitida. En general, para observar el otolito y medir sus anillos de crecimiento se emplea luz reflejada y fondo oscuro (negro).

El medio en que se sumerge el otolito para su lectura puede ser agua corriente o destilada y si se necesita mayor transparencia para observar detalles, la glicerina y el xylol dan muy buenos resultados al emplearlos por tiempos breves.

Si se emplea luz reflejada, se observan una alternancia de bandas hialinas (oscuras) y opacas (blancas). Siguiendo a Aguayo y Ojeda (1987), durante el año se formarían dos grandes zonas, una opaca, en las que se puede apreciar un número variable de marcas hialinas secundarias y una zona hialina ancha con características propias cuya adecuada discriminación se logra tras analizar miles de muestras. En la determinación de la edad, hay muestras que se pueden clasificar, de acuerdo al grado de dificultad que presenten. Dentro de un set de muestras se encontrarán algunas clasificadas como "buenas" las que presentan anillos muy nítidos, facilitando su lectura y "regulares" las que en diferente grado presentaran dificultades para identificar los anillos anuales y seguir su secuencia. En estos casos, se presentan alternativas como lo son el seguir los anillos por el lado

convexo de la muestra, jugar con las sombras, lo que a veces logra destacar mejor los anillos, emplear diferentes enfoques y posiciones de la muestra, utilizar otros líquidos de inmersión, también puede dársele un ligero pulido por la zona convexa, o bien consultar una segunda opinión con otro lector experimentado.

Si las muestras, presentasen mucha dificultad o se clasificaran como "malas", tales observaciones no serían empleadas en los procesos.

Las mediciones se realizan desde el foco hacia el rostro (Fig 1) por el lado cóncavo (cara externa) del otolito. Si se presentan anillos, difíciles de medir, y en las otras partes de la muestra se ve que son de características anuales, se deja anotada su existencia, sin medición, para no introducir este tipo de error en las medidas.

b) Otolitos seccionados

Hay diferentes ángulos en que los otolitos pueden ser seccionados (FAO,1982), el corte transversal en el núcleo (foco) es uno de los que ha sido utilizado con éxito en otras especies del género **Merluccius** (Beamish, 1979; Chilton y Beamish, 1982; Ojeda y Aguayo, 1986; Renzi y Pérez, 1992).

En el corte se emplea una máquina de precisión de baja velocidad, regulable, (ISOMET-BUEHLER), la cual está provista de hojas endiamantadas permitiendo un mínimo desgaste y entregando superficies, muy bien pulimentadas.

Para realizar el corte es necesario incluir las muestras en una sustancia que se solidifique y le de un sustento. Distintos investigadores han probado la inclusión en sustancias tales como resina de poliéster (Bedford, 1983) o bien modificaciones de esta metodología como es la que emplea acrílico en spray utilizada en un laboratorio

de Canadá con muy buenos resultados; Eukitt o Entellan tal como lo menciona Gili en Bahamonde *et al*, 1996; parafina sólida (Barrera Oro y Bellisio, 1987) y otras, cada uno con diferentes ventajas.

El montaje del otolitos requiere que el foco del núcleo coincida con los ejes demarcados en la base estructural del molde, así se asegura que el corte será en el lugar requerido.

Lonjas

Teniendo la máquina provista de dos discos de corte (de 10 cm. de diámetro), separados por un disco fino y de menor diámetro (6,5 cm.) es posible obtener la lonja central, cuyo grosor va de acuerdo a las características de la muestra; aquí se empleó un disco central de plástico de 0,3 mm. de grosor y como lubricante agua con detergente.

Para el análisis de estas láminas, se emplea generalmente fondo negro y luz reflejada pero a veces facilita la observación no usar este fondo y aplicar luz transmitida. Usualmente se analizan estas lonjas con un aumento de 20X y con un baño superficial de Eukitt.

Secciones Pulidas y Tostados

Los otolitos de los peces están básicamente compuesto por cristales de carbonato de calcio inorgánico en forma de aragonita y de una matriz orgánica compuesta por una proteína llamada otolina (Degens *et al*, 1969)

Las diferencias en las proporciones de los constituyentes orgánicos e inorgánicos presentes se traduce en una alternancia de bandas concéntricas, correspondiendo a

zonas de crecimiento rápido (con mayor acumulación de componentes inorgánicos) y a zonas de crecimiento lento (con mayor deposición del componente orgánico).

El tostado de los otolitos, se basa en la composición característica que tienen estas estructuras; es una técnica popularizada hace bastante tiempo por Christensen (1964) y tiene como finalidad que las bandas con más alta concentración de materia orgánica, al entrar en contacto con el calor se tuesten brindando un tono café oscuro que resalta frente a las bandas de bajo contenido proteico que solamente toman un tono café claro.

Los otolitos seccionados y tostados se montan sobre un molde de plasticina, dejando al descubierto la superficie a analizar, se le aplica una película superficial de bálsamo del Canadá, diluído con xylol.

Se analizan en general con aumento 20X, se realizan mediciones del radio hacia el lado ventral y estas medidas se consideran sólo referenciales para comparar entre lectores.

8.3.1.2 Periodicidad en la formación de los anillos de crecimiento

Al determinar la edad en una especie es necesario validar que las edades que se están asignando sean las reales. Según los medios con que se cuenta para este estudio, una de las técnicas a aplicar se basa en observar las capas de material en la periferia del otolito.

El estudio del tipo de anillo que se esté depositando en el borde de la estructura, va en directa asociación al período de crecimiento que esté experimentando el pez (rápido o lento).

Si se toma de ejemplo un otolito hidratado que es observado con luz reflejada, se presentará un borde aspecto opaco si se encuentra en la etapa de alto metabolismo o hialino si está en período de bajo crecimiento.

Siguiendo el criterio empleado por Dannevig, (1933), se clasifica además de la naturaleza del borde, la proporción en que este se manifiesta empleando un segundo término. Se califica como "ancho" o "angosto" para entregar una apreciación más detallada que guarda relación con comparar la cantidad de material formado desde el último **annulus** hasta el borde con respecto al anillo de la misma naturaleza que lo antecede.

Posteriormente, se analiza en base mensual cual fue la frecuencia con la que se presentaron los diferentes bordes y en que meses hay tendencia a formar uno u otro tipo de anillo de crecimiento (opaco o hialino).

Junto con ello, se evalúa el incremento marginal del material depositado en el borde y se analiza su secuencia mensual para confrontarla con el análisis de borde.

8.3.1.3 Precisión en las determinaciones de edad

En las últimas décadas, diferentes métodos han sido desarrollados para comparar la precisión y/o el grado de concordancia entre las determinaciones de edad, ya sea entre un mismo lector (en diferentes tiempos), entre lectores o entre lecturas de edad sobre muestras preparadas por diferentes técnicas.

El objetivo de comparar las determinaciones de edad que se hagan a partir de diferentes técnicas de preparación de las muestras, tiene por finalidad comprobar si lo que se tiene en uso, está entregando verdaderamente la edad del individuo

estudiado o si por alguna razón se ha estado dejando de observar **annulis** que en otros ángulos de la estructura y mediante otras preparaciones se pudieran visualizar.

Una de las técnicas más comunes es comparar el porcentaje de determinaciones de edad que concuerdan, ya sea totalmente o aceptando una variabilidad dada. Una ilustración de este concepto es el ejemplo que cita Beamish y Fournier, 1981, el cual asimilándolo a especies de nuestro medio, podría decirse que si el 90 % de las determinaciones de edad de dos lectores concuerda ± 1 año para sardina común (**Clupea bentincki**), esta sería una precisión pobre dado que la mayoría de las muestras de la pesquería comercial se sitúan en un rango muy estrecho de edades y más aún tratándose de una especie de vida corta. De otro modo, si el 90 % de las determinaciones de edad de merluza del sur (**Merluccius australis**) coincidieran en esta misma variabilidad, representaría una buena precisión dada la longevidad de esta especie y el número de grupos de edad que se encuentran en la pesquería.

Beamish y Fournier (1981) y Chang (1982) proponen métodos para evaluar la precisión entre una serie de determinaciones de edad, y consideran que un pequeño índice es preciso. No entregan grados de precisión o rangos que pudiesen indicar si son aceptables para un determinado estudio.

Beamish y Fournier (1981), calculan el porcentaje de error promedio (APE) como:

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right] \quad (1)$$

donde:

- N = son los peces que se les asignó edad;
- R = es el número de veces que fue leída la muestra;
- X_{ij} = es la i-ésima determinación de edad del j-ésimo pez;
- X_j = es la edad promedio calculada para el j-ésimo pez;

Chang (1982), sugirió el uso de un coeficiente de variación (V) para probar la concordancia entre lecturas de edad utilizando un índice de precisión (D) que se describe como:

$$D = \frac{100}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{V}{\sqrt{R}} = \frac{100}{N} * \sum_{j=1}^N \frac{1}{\sqrt{R}} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \quad (2)$$

donde los símbolos tienen el mismo significado que la fórmula anterior.

Ambos métodos al promediar en un sólo valor la variabilidad que encierran las diferentes edades, ocultan la diferencia de precisión entre las mismas. Se debe tener en cuenta que en el análisis de estructuras duras se presentan, entre otras, dos situaciones destacables, una es el caso de las especies en que los peces jóvenes presentan anillos difíciles de interpretar, pero en edades mayores, la secuencia de anillos de crecimiento es más nítida, permitiendo concordancias más altas en las determinaciones de edad. El otro caso, que es el más fácil de comprender por quién no está familiarizado con el estudio de edad, es aquel donde los peces que presentan una secuencia de anillos más sencilla de interpretar son los peces jóvenes y a medida que aumentan en edad, aumenta también el nivel de dificultad de interpretación, y por lo tanto se vería incrementado también el grado de

discrepancia en las determinaciones de edad de una muestra analizada por diferentes lectores.

La lectura de edad en peces jóvenes, puede ser sencilla por su corta edad o puede darse el caso de que los otolitos se presenten delgados u opacos, siendo difícil separar las marcas secundarias de los **annulis**, por lo que no debe pensarse que la dificultad va directamente relacionada con el incremento de la edad en todos los casos. Un ejemplo de esta mayor variabilidad en la determinación de edad de los peces jóvenes, lo presenta Brown (1988, fide Hoenig *et al.* 1995). Allí las edades fueron determinadas empleando vértebras y él encontró que tanto el APE como la variabilidad del APE era mucho más grande para los peces jóvenes que para peces viejos.

Del mismo modo, no se puede generalizar para los peces viejos, que si bien sus zonas de crecimiento se hacen cada vez más cercanas (finas) y el analizarlos tomará mayor tiempo que las muestras de anillos nítidos de peces jóvenes, no necesariamente conllevarán un mayor nivel de discrepancia en lecturas con repetición.

Con el fin de mostrar el nivel de error entre lecturas, concordancia, y la variabilidad que involucran los estudios de edad, conjuntamente con el objetivo de llegar a obtener rangos de dificultad en la asignación de edad de diferentes especies, Kimura y Lyons (1991), analizaron una amplia base de datos, con determinaciones de edad y lecturas paralelas para seis especies.

Ellos observaron que debido a que los porcentajes de concordancia decrecen con respecto a la edad y la composición de edad varía notablemente "entre diferentes especies" y "entre muestras de la misma especie", los porcentajes de concordancia

por sí mismos sólo serían útiles para comparaciones específicas de edad, ya que puede darse el caso que diferentes especies, presenten un porcentaje de concordancia similar y tengan internamente un grado muy diferente de dificultad en la determinación de la edad en las muestras.

Esto lo ejemplifican claramente con las especies **Sebastes alutus** (Pacific ocean perch) y **Anoplopoma fimbria** (Sablefish), en las que se registraron edades de 1 a 78 años y de 1 a 29 años respectivamente en el test. Estos, a pesar de tener un porcentaje de concordancia promedio similar en las muestras analizadas, 40,8% y 43,7% respectivamente, presentan coeficientes de variación muy diferentes, debido a que asignar edad en Pacific ocean perch es más sencillo que en Sablefish, tal como se refleja en sus coeficientes de variación de 4,9 y 12,9 respectivamente (Kimura y Lyons, 1991).

Si se analiza el caso dentro de una misma especie, la concordancia que entrega la comparación de determinación de edad sobre muestras a las que se les ha aplicado diferentes técnicas de preparación, o bien bajo una misma técnica de preparación pero analizada por distintos lectores, se tendrá un indicador, entre que técnicas hay mayor similitud en las observaciones. Si se aplica sólo este sistema de comparación, se adolece del análisis al interior de las edades que deje explícito que técnicas arrojan edades mayores con respecto a otra y no se puede comprobar si existe o no evidencia de no concordancia sistemática entre métodos o entre lectores, tal como lo menciona Hoenig *et al.* (1995).

En el caso de bajos porcentajes de concordancia o bien si se desea investigar al interior de las determinación de edad entre lectores o entre técnicas distintas, Hoenig *et al* (1995) sugieren realizar una evaluación empleando un test de simetría el cual permitiría analizar si un lector o una técnica entrega sistemáticamente

edades más viejas que otras, comprobar hacia que edades se acentúan las diferencias y por último probar si el número de peces asignado a la edad i por el método 1 y a la edad j por el método 2 difiere significativamente del número de peces asignado a la edad j por el método 1 y la edad i por el método 2.

Dada la posibilidad de existencia de tendencia con la edad (Kimura y Lyons, 1991; Campana y Jones 1992; Brown, 1988, fide Hoenig *et al.*, 1995; Campana *et al.*, 1995), es adecuado seguir metodologías como la que presentan Hoenig *et al.* (1995) quienes recomiendan que los índices de precisión obtenidos por diferentes grupos de edad no sean promediados y se trabaje la información en base a una matriz de simetría.

La validez de las comparaciones se relaciona directamente si los métodos son usados en la misma población estadística y la eficiencia se logra si los dos métodos son usados sobre un mismo individuo, por lo tanto, es condición básica que una misma estructura sea leída por dos lectores o por dos métodos.

Hoenig *et al.* señalan como primer paso, una comparación de los métodos de asignación de edad para determinar cuan a menudo los métodos concuerdan. Si la coincidencia es alta puede no ser necesario proceder con lo demás. Sin embargo, si hay una cantidad de discordancia que se desee analizar en cuanto a conocer si es simple error de azar o si hay diferencias sistemáticas entre los dos métodos, resultaría de gran utilidad el análisis empleando el test de simetría.

El método Bowker (1948, fide Hoenig *et al.*, 1995) fue diseñado para probar la hipótesis que una tabla de contingencia $m \times n$ compuesta por dos clasificaciones de una muestra en categorías es simétrica alrededor de la diagonal principal.

Ho : valores en las celdas n_{ij} por sobre la diagonal son iguales a los valores en las celdas n_{ji} bajo la diagonal.

Ha : valores en las celdas n_{ij} por sobre la diagonal son diferentes de los valores en las celdas n_{ji} bajo la diagonal.

El test estadístico que presenta Hoenig *et al.* es:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{m-1} \cdot \sum_{j=j+1}^m \frac{(n_{ij} - n_{ji})^2}{n_{ij} + n_{ji}} \quad (3)$$

el cual es distribuido como una variable chi-cuadrado con $m(m-1)/2$ grados de libertad para una tabla que no tiene celdas vacías.

Si la tabla presenta celdas vacías, los grados de libertad son igual al número de comparaciones restándole los pares que son ceros. El término n_{ij} se refiere a la frecuencia observada en la fila i -ésima y la columna j -ésima y el término n_{ji} representa la frecuencia observada en la fila j -ésima y la columna i -ésima.

8.3.1.4 Retrocálculo de longitudes de los peces

El retrocálculo es una técnica basada en las medidas en series realizadas sobre una estructura dura del pez (escama, otolito, vértebra, etc.), en que queda registrado el paso del tiempo como una secuencia de marcas. Las dimensiones de estas marcas junto a la longitud del cuerpo de los peces, son empleadas para estimar su longitud en el tiempo en que dicha marca se formó.

Las longitudes retrocalculadas (empleadas en la construcción de curvas de crecimiento) han sido utilizadas con variados propósitos tales como comparar tasas

de crecimiento entre sexos, cohortes y poblaciones de las mismas especies; para relacionar tasas de crecimiento a factores exógenos; para probar la edad de los peces con anillos anuales o diarios; y otras aplicaciones (Francis, 1990).

En similitud a la notación señalada en Francis (1990) se asigna L para la longitud del cuerpo y R para el radio del otolito.

Las funciones que describen esta relación son:

$$f(L) = a + bL \quad (4)$$

$$g(R) = c + dR \quad (5)$$

donde f puede ser calculado mediante la regresión de R y L, y g a partir de la regresión de L en R. Esta relación puede ser de tipo lineal, cuadrática, exponencial u otra función.

La hipótesis de proporcionalidad ya sea SPH (estructura proporcional, otolito) o BPH (cuerpo proporcional), asume una desviación constante, proporcional al tamaño medio del otolito o del cuerpo. Esto queda ejemplificado en lo siguiente:

“Si consideramos que un pez al momento de ser muestreado mide una longitud L_C y el radio de su otolito es R_C ; al introducir ese R_C a la función Longitud pez-Radio del otolito, ajustada por una función matemática, entregará una $\hat{L}_{\text{pez}} = \hat{L}_C$ que difiere en algún grado de L_C medida al momento de capturarlo”.

Ya sea se emplee la relación L pez-R otolito o R otolito-L pez, es posible obtener un valor de L a una edad i dada. Por una u otra función el valor de L_i es diferente y en

datos puntuales esta diferencia puede ser considerada como una medida de la imprecisión del retrocálculo (Francis, 1990).

Aunque ninguna de las hipótesis, BPH y SPH, parece aventajarse, muchos investigadores emplean para el retrocálculo de las L_i , la relación obtenida de BPH, argumentando que como el propósito del retrocálculo es conocer la longitud del cuerpo a partir de medidas en las estructuras duras, la regresión apropiada sería L en S , pero verdaderamente se trata tan sólo de una elección entre dos alternativas valederas de trabajo.

Para BPH la expresión matemática sería:

$$L_i = \left[\frac{g(R_i)}{g(R_c)} \right] \cdot L_c \quad (6)$$

lo que en el caso lineal llega a ser

$$L_i = \left[\frac{(c + dR_i)}{(c + dR_c)} \right] \cdot L_c \quad (7)$$

donde c y d son como en (5)

La secuencia de pasos que se sigue en el proceso de cada muestra son los siguientes:

- i) Cálculo de la longitud media estimada para R_c : $\hat{L}_c = c + dR_c$
- ii) Cálculo de la proporción: $p = \frac{L_c}{\hat{L}_c}$

iii) Cálculo de la longitud media estimada para una edad y a partir de un radio

$$r_i : \hat{L}_i = c + dr_i$$

iv) Ajuste de la \hat{L}_i : $\hat{L}_{i,ajustada} = \hat{L}_i * p$

Estas \hat{L}_i ajustadas son las que se ingresan como datos base en los cálculos de ajuste de la curva de crecimiento.

8.3.1.5 Modelo de crecimiento

El modelo de crecimiento de más amplia aplicación en el estudio de la dinámica de poblaciones de peces es el desarrollado por von Bertalanffy (1938, **fide** Beverton y Holt, 1957), el cual ha demostrado representar en forma adecuada el crecimiento observado en la mayoría de las especies de peces. Este modelo matemático de crecimiento, considera al organismo como un sistema termodinámico abierto de oferta y demanda de materia prima que pueda ser metabolizada; siendo la tasa de anabolismo proporcional a la magnitud del área de la superficie absorbente, mientras que la tasa de catabolismo lo es a la masa del organismo, entregando la siguiente expresión para el crecimiento:

$$\frac{dw}{dt} = Hs - kw \quad (8)$$

donde s representa la superficie fisiológica electiva del organismo y H es la tasa de síntesis de masa por unidad de superficie y k la tasa de catabolismo por unidad de masa.

Beverton y Holt (1957), expresando s y w en términos lineales y suponiendo que el organismo crece isométricamente, derivan a partir de la expresión de von Bertalanffy

la siguiente ecuación para el crecimiento en longitud de los peces, la que puede ser estimada a partir de los datos empíricos:

$$L_{(t)} = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (9)$$

Esta ecuación corresponde al tipo de funciones asintóticas

$$y_{(x)} = \alpha + \beta \rho^x + \varepsilon \quad (\text{Stevens, 1951}) \quad (10)$$

$$y_{(x)} = \alpha + \beta e^{-x/\delta} + \varepsilon \quad (\text{Turner et al., 1961}) \quad (11)$$

donde ε representa el error de azar y $\rho = \exp\left(-\frac{1}{\delta}\right)$

Estas funciones corresponden a la solución de la ecuación del modelo de von Bertalanffy, la cual es un caso particular, en que la longitud inicial, $l_0 = l_{(t_0)}$, en un tiempo inicial t_0 corresponde a un valor cero.

En sentido estricto, todos los parámetros de la ecuación de Bertalanffy no tienen significado biológico. La longitud asintótica (L_{∞}) se interpreta como la talla mediada los peces infinitamente viejos; el parámetro de curvatura K determina la rapidez con que el pez alcanza la longitud asintótica.

El parámetro t_0 , llamado edad teórica o parámetro de condición inicial, determina el punto en el tiempo en que el pez tiene longitud cero y biológicamente no tiene significado, a menudo implica un t_0 negativo al ajustar el modelo. Así, la descripción del crecimiento centra su expresión en peces más grandes dejando

fuera de esta expresión la etapa del crecimiento larval. En otras palabras, el crecimiento se ajusta a partir del punto de inflexión de la curva sigmoide de crecimiento o también llamada de decrecimiento exponencial.

Los peces aumentan de talla a medida que aumenta su edad, pero su tasa de crecimiento, es decir, el incremento de talla por unidad de tiempo, disminuye a medida que el pez va envejeciendo aproximadamente a cero cuando éstos son muy viejos.

Tal como lo señalaban Sparre y Venema, 1995, la tasa de crecimiento se puede definir en forma absoluta como:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{(L_{(t+\Delta t)} - L_{(t)})}{\Delta t} \text{ cm/año} \quad (12)$$

y la tasa relativa se obtiene con la misma diferencia del numerador pero en referencia a la longitud en el tiempo t .

En cuanto al crecimiento en peso de los individuos, utilizando la expresión peso - talla que los relaciona:

$$w = a * L^b \quad (13)$$

puede obtenerse un estimado del peso asintótico que alcanza la especie introduciendo el valor L_{∞} en la expresión (13)

El ajuste en que participa cada longitud convertida a peso se obtiene de forma similar aplicando la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$$w_{(t)} = w_{\infty} \left(1 - e^{-k(t-t_0)} \right)^b \quad (14)$$

Las curvas de peso respecto a la edad también tienden a un valor asintótico superior y forman generalmente una curva sigmoïdal asimétrica, la cual tiene su inflexión en un punto equivalente a un tercio del peso asintótico (Gulland, 1971).

Las tasas de crecimiento en peso trabajan en forma homóloga a la de longitud siendo para incremento en peso absoluto $(W_{(t+\Delta t)} - W_t) / \Delta t$ y para crecimiento en peso relativo $(W_{(t+\Delta t)} - W_t) / W_t$.

8.3.1.6 Métodos de estimación de los parámetros de crecimiento

Una aproximación inicial del valor de los parámetros de la curva de crecimiento se puede obtener por métodos gráficos (Ford Walford, 1946, **fide** Ricker, 1975; Beverton y Holt, 1957). Numerosos investigadores presentan diferentes algoritmos para su resolución pudiendo emplear métodos de ajuste lineal (Tomlinson y Abramson, 1961; Allen, 1966; Ben Salem y Daget, 1991) o no lineal (Hartley, 1961; Prager et al, 1987; subrutinas de software estadísticos como SYSTAT o SPSS a fin de obtener parámetros más ajustados.

Un modelo del tipo de von Bertalanffy podría ajustarse linealmente logaritmizándolo o bien usar en la estimación de sus parámetros algoritmos no lineales. En la regresión no lineal, tal como en la regresión lineal, se eligen valores para los parámetros de manera que la suma de los cuadrados residuales sea mínima.

Al usar algoritmos no lineales no hay sin embargo, una solución de una sola vez sino que debe resolverse iterativamente. El emplear este tipo de ajuste obedece a evitar introducir posibles errores en los estimados, encontrando en la literatura numerosos algoritmos para la estimación de modelos no lineales (Draper & Smith, 1981).

Un medio de proceso es el que ofrece el módulo no lineal de software SPSS 6,0, selección con algoritmos de Levenberg-Marquardt, el cual entrega en cada iteración los parámetros de crecimiento y suma de cuadrados residuales.

Las iteraciones se detienen cuando el cambio relativo en la suma de cuadrados residuales entre iteraciones es menor o igual a un criterio de convergencia dado, en este caso 1, 000 E-08.

Proporciona resumen estadístico con valores de interés tales como suma de cuadrados residuales, coeficiente de determinación y otros, parámetros estimados y matriz de correlación de los parámetros, lo que posibilita explorar la bondad de ajuste del modelo y la comparación con otros procesos.

8.3.1.7 Comparación de las curvas de crecimiento

La comparación del crecimiento entre dos regiones (sexos), puede estar basada en probar la hipótesis nula de que no existe diferencia entre los parámetros K y L_{∞} del modelo evaluado en cada sexo

$$H_0: K_1 = K_2 \quad \text{y} \quad L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$$

Los posibles resultados son ya sea que la hipótesis de igualdad es rechazada ; que sólo la igualdad en un parámetro es rechazado o bien que en ambos parámetros sea rechazada.

Si una igualdad es rechazada y la otra no, se presenta un dilema porque tanto K como L_{∞} forman parte para describir el crecimiento.

Gallucci y Quinn, 1979, presentan como una alternativa un nuevo parámetro, $\omega = K * L_{\infty}$, el cual corresponde a la tasa instantánea de crecimiento en las cercanías de $L_{(10)} = L_0$

Sugieren el parámetro ω como una medida más representativa de las características del crecimiento porque está en unidad de longitud/ tiempo (K es unidad inversa de tiempo).

Presentan dos métodos para estimar este parámetro:

- i) El primer método para estimar el parámetro ω es reemplazando K y L_{∞} por sus respectivos estimados, de donde:

$$\hat{\omega} = \hat{K}L_{\infty} = \hat{K} * \hat{L}_{\infty}$$

La varianza (Var) de este estimado puede ser encontrada con:

$$Var\left(\hat{\omega}\right) = L_{\infty}^2 Var\left(\hat{K}\right) + K^2 Var\left(\hat{L}_{\infty}\right) + 2KL_{\infty} \cdot corr\left(\hat{K}, \hat{L}_{\infty}\right) \sqrt{Var\left(\hat{K}\right)Var\left(\hat{L}_{\infty}\right)} \quad (15)$$

donde $corr\left(\hat{K}, \hat{L}_{\infty}\right)$ es el coeficiente de correlación estimado

- ii) Alternativamente, el parámetro ω puede ser estimado directamente a partir de mínimos cuadrados no lineales, a través de la reparametrización de la ecuación de crecimiento en términos de ω , K y t_0 :

$$l_{(t)} = \frac{\omega}{K} \left(1 - e^{-K(t-t_0)} \right) \quad (16)$$

de donde la $\text{Var}(\omega)$, se estima directamente del ajuste.

Las propiedades de ω radican en que además de ser un estimador único, es más robusto a las variaciones de los datos que los dos estimadores de K y L_{∞} , que lo constituyen.

La igualdad del parámetro ω en dos regiones diferentes puede ser probada haciendo uso de un test de homogeneidad basado en la distribución de Chi - cuadrado (Rao, 1973) o bien a través de un test - t de Student.

Si bien la comparación de curvas de crecimiento a través del parámetro ω es útil, es posible explorar con otras metodologías, a fin de rescatar mayor conocimiento.

Una de ellas se basa en el análisis multivariado de comparación del crecimiento que presenta Bernard, (1981) al cual, posteriormente Cerrato, (1990), introduce ciertas modificaciones, pero siempre basándose en la prueba T^2 de Hotelling.

La prueba o test T^2 permite la comparación simultánea de varios set de parámetros de crecimiento entre stocks.

Los parámetros de interés a comparar se muestran en los siguientes vectores columnas:

$$\theta_1 = \begin{pmatrix} L_{\infty 1} \\ K_1 \\ t_{01} \end{pmatrix} \quad y \quad \theta_2 = \begin{pmatrix} L_{\infty 2} \\ K_2 \\ t_{02} \end{pmatrix}$$

Si se define la diferencia entre los vectores de los parámetros como:

$$\delta = \theta_1 - \theta_2$$

se puede plantear la hipótesis nula como sigue:

$$H_0: \quad \delta = 0$$

sobre la base de un valor estimado:

$$d = \hat{\theta}_1 - \hat{\theta}_2$$

La estadística de prueba T^2 está dada por:

$$T^2 = d' U^{-1} d$$

donde d' es el transpuesto de d , $U = U_1 + U_2$, es la matriz de covarianza asintótica para los dos stocks, y U^{-1} es la matriz inversa de U .

T^2 se distribuye aproximadamente como una variable T^2 - Hotelling con tres y f^* grados de libertad (considerando $f^* = (n_1 - 3) + (n_2 - 3)$).

El valor observado se coteja con valores críticos calculados a partir de la identidad (Hansen et al, 1993):

$$T_0^2 = 3 \frac{n_{(1)} + n_{(2)} - 6}{n_{(1)} + n_{(2)} - 8} F_{\alpha(3, n_{(1)} + n_{(2)} - 6)} \quad (17)$$

de modo que deben considerarse los valores de la tabla de distribución de F de Fisher, para los niveles de 5% y de 1%, con 3 y N total menos 6 grados de libertad. La hipótesis es rechazada cuando:

$$T^2 > T_{\alpha(3, J^*)}^2$$

Otro método de comparación lo constituye el análisis de la suma de cuadrados residuales que se generan en el proceso de la información. Esta comparación es sugerida por Chen et al, 1992 y la formulación del test es la siguiente (Ratkowsky, 1983):

$$F = \frac{\frac{RSS_p - RSS_s}{3(K-1)}}{\frac{RSS_s}{N-3K}} \quad (18)$$

donde:

- N = Número total de muestras
- K = Número de grupos en comparación
- RSS_s = Suma de cuadrados residuales adicionada de ambos grupos
- RSS_p = Suma de cuadrados residuales del ajuste agrupado

El valor F se compara con un valor crítico con grados de libertad igual a $3(K-1)$ en el numerador y $N-3K$ en el denominador.

8.3.2 Estudio de microincrementos de crecimiento

8.3.2.1 Validación de microincrementos en larvas de merluza común

Para determinar la equivalencia temporal entre días y la depositación de microincrementos en otolitos en las larvas de merluza común, se diseñaron experimentos para la mantención de ejemplares bajo condiciones controladas en el laboratorio. Además se realizaron pescas planctónicas para la captura de larvas directamente del plancton. La obtención de huevos se realizó de dos maneras:

– *Fecundación artificial de gametos en la temporada de desove de 1995.*

Se realizaron tres fecundaciones artificiales de gametos en tres oportunidades, las que correspondieron a los días 7, 12 y 14 de septiembre. Las recolecciones de gónadas se efectuaron en la caleta El Membrillo, de los desembarques de la pesca artesanal realizada en el área cercana a Valparaíso. Los peces utilizados tenían una longitud total de 40 a 50 cm. Se seleccionaron ovarios que presentaban óvulos hidratados y testículos con espermatozoides que fluían libremente al presionar la gónada. Una vez obtenidas las muestras, se transportaron de inmediato en una caja con aislación térmica y hielo en su interior al laboratorio perteneciente al Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso.

Una vez en el laboratorio, se realizó la mezcla de gametos. En cada oportunidad se efectuaron varias fecundaciones artificiales, utilizando de una a tres hembras y uno o varios machos, dependiendo de la cantidad de óvulos hidratados presentes en los

ovarios y de la cantidad de espermatozoides que se pudo extraer de los testículos. La mezcla se realizó en recipientes de dos litros de capacidad. Al cabo de media hora, se les agregó agua de mar, desechándose los huevos que no flotaban en la columna de agua. Posteriormente, los huevos fueron trasladados a recipientes de vidrio con 1,5 litros de agua de mar fresca y mantenidos hasta la eclosión en una sala de cultivos del Instituto de Oceanología.

– *Desarrollo de huevos obtenidos del plancton en las temporadas de desove de 1995 y 1996.*

El 21 de septiembre de 1995 se realizaron cuatro pescas de plancton en la bahía de Valparaíso. En el laboratorio se identificaron los huevos de acuerdo a descripciones previas del desarrollo embrionario y larval de la merluza común (Fischer 1959). La muestras contenían huevos en diferentes fases de desarrollo, los que se mantuvieron en vasijas de vidrio hasta la eclosión.

El 20 de agosto de 1996, se efectuaron cuatro pescas de ictioplancton en la bahía. El análisis de las muestras demostró que no había signos de desove de la merluza al no estar presentes huevos o larvas. El 4 de septiembre de 1996 se efectuaron otras dos pescas de ictioplancton, esta vez con resultados positivos. El material se procesó de igual manera que en 1995.

– *Desarrollo de huevos obtenidos del plancton en enero de 1997.*

Sin estar incluido en la temporada principal de desove, en enero es posible encontrar cierta abundancia de huevos de merluza en el plancton. El 7 de enero se realizaron 4 pescas de plancton, encontrándose escasos huevos de merluza, los que igualmente se mantuvieron en vasijas de vidrio hasta la eclosión.

– *Mantenimiento de las larvas en el laboratorio.*

Diariamente se separaron las larvas recién eclosionadas, las que se trasladaron a estanques circulares de color negro con 15 litros de agua de mar, manteniéndose bajo un fotoperíodo similar al del ambiente natural (de 06:00 a 20:00). La temperatura del agua de mar se controló diariamente.

Una vez consumido el vitelo, las larvas se alimentaron con diferentes tipos de alimento. Inicialmente se les suministró rotíferos **Brachionus plicatilis**, de manera de obtener una concentración final de 10 rotíferos por ml de agua de mar. Posteriormente, las larvas se alimentaron con naupli de **Balanidae** y naupli de **Artemia salina**. Además, al agua se le agregó microalgas cultivadas en el laboratorio, hasta alcanzar un ligero color verde en los estanques. El diseño de los estanques (forma, color y material de construcción), el tipo y densidad de alimento suministrado y la utilización de microalgas en el medio, se utilizan comúnmente en el cultivo de larvas peces (Hunter 1984, Kuronuma & Fukusho 1984).

– *Larvas capturadas en el plancton*

El 7 y el 14 de enero de 1997 se realizaron pescas planctónicas con una red Bongo en la bahía de Valparaíso. El 7 se efectuó la pesca durante el día, capturándose una larva. El día 14 se realizaron 4 pescas planctónicas nocturnas, obteniéndose 9 larvas. Las muestras se fijaron en formalina 5 % tamponada. A las larvas se les extrajo los otolitos al día siguiente a la captura para evitar el posible deterioro de los otolitos por efecto de la formalina. El procedimiento posterior es el mismo que se describe a continuación para las larvas criadas en el laboratorio.

– *Extracción y lectura de otolitos*

A los 1- 4- 6- 7- 8- 12- 14- 16 y 18 días desde la eclosión, se sacaron grupos de larvas de los estanques, a las que se les midió la longitud estándar (LE) bajo un microscopio estereoscópico. Posteriormente, se les extrajo los otolitos sagitales y en algunos casos el *asteriscus*, utilizando luz polarizada, los que se montaron en un portaobjetos en un medio sintético que se endurece en contacto con el aire.

La observación de los otolitos para determinar la existencia de microincrementos de crecimiento, se realizó bajo un microscopio compuesto, con aumentos de 250x, 500x y 1250x, siguiendo la técnica propuesta por Brothers *et al.* (1976).

8.3.2.2 Lectura de microincrementos presentes en otolitos *sagittae* de juveniles.

– *Obtención de muestras*

Se definió como merluza juvenil a todos aquellos individuos que eran menores o iguales a 37 cm de longitud total, ya que representaban un valor promedio de las tallas medias de primera madurez sexual determinadas para merluzas provenientes de San Antonio y San Vicente (Balbontín & Fischer 1981).

La obtención de otolitos sagitales de juveniles de merluza común se probó por varios métodos: (a) muestreos en las capturas artesanales (b) análisis de estómagos de merluzas adultas que presentarían un alto grado de canibalismo y (c) muestras de otolitos recolectados en los cruceros de investigación realizados por el IFOP en 1995. De los tres métodos, con el primero no fue posible obtener juveniles ya que la composición de tallas de la captura artesanal superó normalmente la talla mínima,

debido a que el aparejo usado (espineles) es selectivo para tallas mayores. Para el caso de la segunda opción se tuvo escaso éxito y muchas veces los ejemplares estaban muy digeridos. Debido a las anteriores dificultades, se utilizaron muestras de otolitos de merluzas juveniles provenientes de un crucero de evaluación hidroacústica de merluza común, realizado con el B/I "Abate Molina" entre julio y agosto de 1995 entre Coquimbo (29°10'S) y Puerto Montt (41°26'S) y entre la segunda milla de la costa hasta el veril de los 500 m.

– *Observación y análisis microestructural de las **sagittae** de juveniles*

Las muestras de juveniles de merluza común usadas para el análisis de microincrementos incluyeron además de los otolitos sagitales derechos, los datos de longitud total del pez y sexo. El otolito sagital izquierdo se utilizó para el análisis tradicional de la macroestructura a través del recuento de anillos hialinos bajo microscopio estereoscópico, cuyos resultados corresponden a otro de los objetivos de este proyecto.

El procesamiento de los otolitos sagitales de los juveniles incluyó las siguientes etapas: (a) reconocimiento del núcleo el cual fue pintado con tinta china usando un lápiz con punta de 0,2 mm ; (b) inclusión de la **sagitta** en resina acrílica de poliéster; (c) pulido a través de una batería de lijas al agua desde 400 a 1500 de grano pasando por lijas de 600, 800 y 1000 de grano, hasta llegar al núcleo; (d) pulido para abrillantar usando abrillantador 3M o el producto comercializado como Brasso. Después del pulido y abrillantamiento de la superficie del otolito, se procedió al tratamiento con HCl 1% para finalmente obtener una réplica en acetato de la superficie del otolito siguiendo las recomendaciones de Pannella (1971, 1974), Miranda (1978, 1981) y Garland (1985, 1987).

– *Validación de anillos hialinos usando microincrementos*

La observación, interpretación y recuento de microincrementos se realizó usando un microscopio óptico binocular con aumentos de 250x y 500x. Los anillos hialinos presentes en la macroestructura de los otolitos sagitales se validaron a partir de la edad determinada por un método independiente como es el recuento de microincrementos a partir de los mismos otolitos. Se siguió el método de regresión lineal considerando como variable dependiente al número de anillos macroestructurales y como variable independiente o explicadora al número de microincrementos expresados en años según lo sugerido por Brothers *et al.* (1976) y Garland (1985 y 1991).

8.4 Estudio de Mortalidad Natural

8.4.1 Método de Caddy (1984)

El método de Caddy (1984), relaciona las tasas de mortalidad total de machos y hembras, considerando los siguientes supuestos:

- a) La mortalidad por pesca de uno de los sexos es proporcional a la mortalidad por pesca del otro;
- b) La razón M/K de hembras es proporcional a la razón M/K de machos (M/K es la razón mortalidad natural: constante de crecimiento de von Bertalanffy), *i.e.*:

$$\frac{M_h}{K_h} = \omega \frac{M_m}{K_m} \quad (18)$$

donde M/K es la razón mortalidad natural-constante de crecimiento del modelo de von Bertalanffy.

El método consiste en regresionar la mortalidad total de machos (Z_m) en función de la mortalidad total de hembras (Z_h), *i.e.*:

$$Z_h = a + bZ_m \quad (19)$$

donde:

$$a = M_m \left(\omega \frac{K_h}{K_m} - b \right) \quad (20)$$

Aquí, los valores de mortalidad natural en machos (M_m) y hembras (M_h) se resuelven a partir de los valores de "a" y "b" obtenidos de la regresión, más la ayuda del supuesto (b) que incorpora el coeficiente K de crecimiento del modelo general de crecimiento de von Bertalanffy. En consecuencia, para los machos, la mortalidad natural estará dada por:

$$M_m = \frac{a}{\left(\omega \frac{K_h}{K_m} - b \right)} \quad (21)$$

y para las hembras, por:

$$M_h = \omega \frac{M_m}{K_m} K_h \quad (22)$$

Las estimaciones de Z para machos y hembras se obtuvieron del análisis de curvas de captura (Ricker, 1975). Para ello se utilizó la captura en número de ejemplares por grupos de edad (Payá *et al.*, 1993). Debido a que el análisis de la curva de pesca en

un sentido vertical, puede generar estimados sesgados de Z debido a la violación del supuesto de estado-estable de la estructura de edad, el análisis de curvas de pesca se realizará ponderando los valores de Z del año actual más los de años anteriores según Caddy (1986), i.e:

$$Z_t^{eq} = \frac{\sum_{t=y-k+1}^y Z_t T_t}{t_{50}} \quad (23)$$

donde t_{50} es el recíproco de los valores de Z estimados de las curvas de pesca, lo que representa el tiempo transcurrido entre la edad promedio de la fracción completamente vulnerada y la primera edad completamente vulnerada. T es el número o fracción de años que caen dentro del intervalo t_{50} que determina al término del año actual. El subíndice "y" indica el año calendario, y k es un operador. El superíndice "eq" denota equilibrio.

8.4.2 Método de Rikhter y Efanov (1976)

Los autores de este método muestran una asociación entre la mortalidad natural y Tm_{50} , que es la edad a la cual el 50% de la población está madura (edad promedio de madurez sexual). La expresión es la siguiente :

$$M = \frac{1,521}{Tm_{50}^{0,72}} - 0,155 \quad (24)$$

Para **M. gayi**, Tm_{50} se obtuvo de las estimaciones de talla de primera madurez sexual comunicadas por Alarcón & Arancibia (1993), a partir de la cual se estimó la edad de madurez sexual con los parámetros de crecimiento informados por Aguayo & Ojeda (1987).

Para evaluar la precisión de este método, en la generación aleatoria de valores alternativos e igualmente probables, se considera un rango de valores de talla de primera madurez sexual encontrados en la literatura. A este rango se le asignó una distribución uniforme. Para determinar la desviación estándar de los coeficientes de la Ecuación (24) se supuso un coeficiente de variación de 10%.

8.4.3 Método de Pauly (1980)

Pauly (1980) realizó un análisis de regresión de M (mortalidad natural) sobre K (tasa instantánea de crecimiento), L_{∞} (longitud asintótica) y T (temperatura anual promedio del habitat, en grados Celcius), basado en datos de 175 stocks de peces, obteniendo la siguiente relación :

$$\log(M) = -0,0066 - 0,279 \log(L_{\infty}) + 0,6543 \log(K) + 0,4634 \log(T) \quad (25)$$

En la estimación de M para **M. gayi gayi** se utiliza los parámetros de crecimiento en longitud obtenidos por Aguayo & Ojeda (1987) y una temperatura promedio supuesta en 11°C. Para evaluar la precisión de los estimados de M de machos, hembras y ambos sexos, se utiliza los errores estándar de los parámetros de crecimiento, un rango de valores para T comprendidos entre 9 y 13°C (distribución uniforme), y la desviación estándar de los coeficientes de la Ecuación (25) informadas por Pauly (1980) en su Tabla 5.

8.4.4 Método de Alagaraja (1984) y Taylor (1958)

Este método supone que el ciclo natural de vida de una especie (o longevidad) se alcanza cuando el 99% de una cohorte ha muerto sólo por causas naturales. De esta

manera, la mortalidad natural correspondiente al 1% de los sobrevivientes, y se calcula por:

$$M = \frac{-\ln(0,01)}{T_{max} - T_r} \quad (26)$$

donde: T_{max} corresponde a la longevidad máxima o teórica; T_r es la edad de reclutamiento.

Alternativamente, se evalúa la expresión anterior para un 5% de sobrevivientes de una cohorte (Taylor, 1959), según la expresión :

$$M = \frac{-\ln(0,05)}{T_{max} - T_r} \quad (27)$$

La longevidad o edad máxima teórica (T_{max}), en ambos casos, se estimó con la ecuación propuesta por Taylor (1959), considerando los parámetros de crecimiento informados por Aguayo & Ojeda (1987), con la siguiente expresión :

$$T_{max} = t_0 + \frac{3}{K} \quad (28)$$

donde: K es la tasa de crecimiento de la expresión general de crecimiento en longitud de von Bertalanffy; t_0 es la edad teórica (años) cuando la longitud es cero.

Para evaluar la precisión de los estimados de M con estos métodos "basados en la experiencia", se optó por considerar la incerteza de los parámetros de crecimiento en la estimación de la longevidad teórica, dejando fija la sobrevivencia.

8.4.5 Método en base a la edad crítica

Este método se basa en Alverson & Cartney (1975), y consiste básicamente en una readecuación de la expresión que se utiliza para estimar la edad crítica (t^*) de los stocks de peces (Csirke, 1980), i.e. :

$$t^* = t_0 + \frac{1}{K} \ln \left[\frac{bK}{M} + 1 \right] \quad (29)$$

a partir de la cual se obtiene,

$$M = \frac{bK}{(\exp(K(t^* - t_0)) - 1)} \quad (30)$$

donde b es el exponente de la relación longitud-peso; K y t_0 son parámetros del modelo general de crecimiento en longitud de von Bertalanffy.

Este método supone que la edad modal presente en las capturas bajo condiciones de explotación moderada o baja podría ser un estimador de la edad crítica. Esta información se obtendrá a partir de la estructura de edad que aparece en las capturas de **M. gayi** del periodo 1975-1992, comunicadas por Payá *et al.* (1993). Sin embargo, debido a que la explotación y la selectividad de los artes de pesca podrían sesgar las estimaciones de la edad crítica, se tendrá en cuenta lo recomendado por Alverson & Cartney (1975), es decir, que la edad crítica se podría aproximar multiplicando la longevidad o edad máxima teórica (Ecuación 28) por un factor de 0,38. Valores de compromiso en base a las dos aproximaciones que se utilizan subsecuentemente.

8.4.6 Método que utiliza la fauna de parásitos

Los parámetros de crecimiento en longitud y la temperatura del ambiente (Pauly, 1980), o la longevidad (Alagaraja, 1984), por ejemplo, pueden ser relacionados para deducir aspectos de la historia de vida de los organismos en estudio, lo que se conoce como los métodos bioanalógicos. Entre ellos se cuenta el que utiliza la fauna de parásitos para deducir tasas de alimentación (Des Clers, 1991) o bien de mortalidad de los hospedadores (Lester 1984; Rousset *et al.*, 1996). En el empleo del método de estimación de la mortalidad natural inducida por parásitos 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 merluza, ya que este parásito es frecuente y se acumula a lo largo de la vida del hospedador (George-Nascimento, 1996). 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).

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.

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 de la merluza.

Entre marzo y diciembre de 1996 se muestrearon un total de 1.000 merluzas desde el desembarque de la flora arrastrera industrial en el puerto de Talcahuano, registrándose la longitud total (LT, cm) y sexo (mediante inspección visual de las gónadas); además se colectaron las vísceras.

La masa visceral, debidamente identificada fue guardada para su posterior análisis, exámen presencia/ausencia de larvas de **Anisakis** y su colección. Los registros presencia/ausencia y número de parásitos fueron analizados con otros provenientes de 1.150 ejemplares de merluza común tomados de George-Nascimento (1996), bajo el supuesto de que el parasitismo presenta una condición estado-estacionaria.

8.4.7 Evaluación de la precisión de la mortalidad natural

La evaluación de la precisión de la mortalidad natural para merluza común se basa en la interrogante: ¿qué tan precisa son las estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) utilizando métodos empíricos?

Para responder a esta pregunta, se evalúa la precisión de cada estimación de M que arroja cada uno de los métodos expuestos previamente, a través de la comparación del coeficiente de variación y la distribución de frecuencia de valores alternativos e igualmente probables. Para el caso de los métodos de Pauly (1980), Rikhter y Efanov (1976), Alagaraja (1984), y en base a la edad crítica, la estimación de la varianza de los valores de M se realizará 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 utilizando una forma paramétrica de la distribución del error, donde $R = 1, 2, \dots, R_{\max}$, siendo R_{\max} un número relativamente elevado (≥ 100). En este estudio se consideró $R_{\max} \geq 1000$; el estimado de la varianza asociada se calculará según la siguiente expresión:

$$VAR(M) = \frac{\sum_{R=1}^{R_{\max}} (M^R - \overline{M}^R)^2}{R_{\max} - 1} \quad (31)$$

donde:

$$\overline{M}^R = \frac{\sum_{R=1}^{R_{\max}} M^R}{R_{\max}} \quad (32)$$

En la aplicación del bootstrap, se consideró los errores estándar de los coeficientes de cada ecuación utilizada, así como las incertezas de los parámetros que alimentan las ecuaciones de estimación. Al respecto, y debido a que en varias de ellas se utiliza los parámetros de crecimiento, los errores estándar de cada uno de estos parámetros son utilizados para estimar la incerteza. Otras fuentes de incertidumbre, cuya distribución del error no esté lo suficientemente fundamentada, tal como en el caso de la temperatura promedio del hábitat de **M. gayi**, se utilizaron supuestos **ad hoc**, con información relevante obtenida de cruceros de investigación recientes o de la literatura, siguiendo criterios análogos aplicados recientemente por Arancibia **et al.** (1994) en el caso de estudio de la mortalidad natural de merluza de cola (**Macruronus magellanicus**), que fue un tema particular de un estudio biológico pesquero de este recurso en la VIII Región.

Con el objeto de estimar un solo valor para la tasa de mortalidad natural (M) en **M. gayi** para cada sexo, se siguió a Arancibia **et al.** (1994), quienes aplicaron un procedimiento para la estimación de M en la merluza de cola. En el presente caso, se adoptó un proceso de estimación que compromete el grado de precisión de cada uno de los valores de M obtenidos con los métodos propuestos. El estimador de M_{est} que se utilizará es un promedio ponderado, donde el ponderador corresponde al inverso de la varianza de cada estimado de M (Hilborn & Walters, 1992), i.e.

$$M_{est} = \frac{w_1 M_1 + w_2 M_2 + \dots + w_{n-1} M_{n-1} + w_n M_n}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (33)$$

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

Para estimar un solo valor de la mortalidad natural de ambos sexos, conjuntamente, se seguirá el procedimiento de Arancibia & Cubillos (1993). Esto es, se supondrá que a la edad de reclutamiento ocurre un 50% de machos y 50% de hembras, a partir de esta edad se calcula la sobrevivencia relativa de cada sexo por separado. La suma de las sobrevivencias parciales corresponde a la sobrevivencia conjunta de machos y hembras, cuyo logaritmo natural respecto de la edad reflejaría la mortalidad natural de ambos sexos.

9. RESULTADOS Y DISCUSION

9.1 Estudio de macroincrementos de crecimiento

9.1.1 Preparación y observación de muestras

La técnica de hidratación de los otolito enteros es una técnica sencilla que requiere de muy poco tiempo para disponer adecuadamente de las muestras. A su vez, con ella es posible registrar mediciones prácticamente de todos los radios de los anillos observados aunque en peces más viejos las bandas se presentan muy poco espaciadas (Fig.2).

Para obtener las lonjas y las secciones en cambio, se emplea más tiempo. La sustancia que mejores resultados dió por facilidad de trabajo y costo fue la esperma de vela.

En el montaje de los otolitos se encontró que era práctico tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Para realizar el corte es necesario contar con un portamuestra en el cual se puedan ir encajando los moldes de otolitos montados sobre una base de cartón. Para tal efecto, se confeccionó un portamuestra en madera, el cual permite ir insertando las pequeñas bases de cartón que contienen los moldes de otolitos.
- El molde mismo del otolito se realiza posicionando la muestra sobre ejes señalados en la base de cartón, a fin de darle la orientación y centrado necesario.

- El otolito se pega al cartón sobre una pequeña cama de esperma y una vez centrado se completa el molde y se deja secar.
- Realizado el corte, a la lonjas obtenidas se les retira fácilmente la esperma adherida y se depositan estas láminas en forma secuencial sobre un portaobjetos con una orientación preestablecida, en este caso con el lado ventral a la derecha, para facilitar la observación posterior y se van fijando con una gota de Eukitt.

Producto de la extracción de esta fina lonja, quedan en el molde las dos secciones restantes del otolito, sección rostro y sección cauda que se emplean en la próxima preparación.

Primero, se les retira con ayuda de un bisturí toda la esperma y una vez completamente limpias se tuestan.

Tanto en las lonjas como en las secciones rostro y cauda, se realizan medidas del radio total y de los annulis, pero tan sólo se pueden medir los primeros anillos, ya que en los otolitos de peces viejos es difícil realizar tal medición y se procede sólo a contarlos (Fig. 3 a 6).

Las fotografías que se incluyen corresponden a dos peces de 41 y 56 cm de longitud. La Fig. 2a y b muestra peces de 4 y 10 annulis respectivamente, en ambos se aprecia el primer **annulus** un tanto difuso. Antes de la formación de este presentan numerosos anillos falsos en el núcleo; la parte central contiene, al igual que como lo cita ICSEAF (1983), una zona difusa que probablemente corresponde al período de vida larvaria. Alrededor de esta zona difusa pueden existir varios anillos pelágicos débiles formados durante la fase pelágica. El primer anillo falso visible, el anillo demersal, está situado a una distancia variable del centro, fuera de los anillos pelágicos.

El primer anillo anual puede presentar dificultades para reconocerlo tanto en otolitos grandes como en peces más jóvenes y es de utilidad analizar la muestra por su lado convexo, de ahí que en la fotografía no se presente un primer anillo tan fácil de reconocer como lo son del segundo hacia adelante.

El otolito derecho, de estos mismos peces, se seccionó, se extrajo lonja y se preparó también la sección pulida y tostado y se presentan en las Fig. 3 a 6.

En la Fig. 3a y b se presenta el otolito SPT, esta técnica permite dar un mayor realce mostrando nítidamente los anillos previos al primero y los cuatro annulis; se presenta en dos aumentos para facilitar la observación. Hacia la zona derecha, corresponde el lado ventral y, en general, es hacia allí donde se destacan mayormente los anillos; hacia el extremo izquierdo, lado dorsal, también se pueden seguir los anillos pero hay que girar el otolito hacia una posición que favorezca el contraste con la luz.

Las medidas como se mencionó anteriormente, se toman del foco hacia el lado ventral (preferentemente) y sólo se usan como referencia para comparación entre lectores, Para emplear estas medidas en otros tipos de cálculos, como para ajustar curvas de crecimiento, es absolutamente necesario que la sección se corte en el centro exacto del núcleo. Del mismo modo opina ICSEAF (1983) y acotan que pequeñas diferencias en la situación del corte o ruptura pueden conducir a una diferente visión de la estructura interna del otolito, a diferentes mediciones.

La Fig. 4a y b presenta, en dos aumentos diferentes, el par (otolito derecho) del otolito de la Fig. 2b, el primer annulis se nota un poco menos nítido que los restantes, del segundo al noveno se aprecian claramente por la cara interna de la sección y el décimo anillo es poco visible en la fotografía. Esto corresponde a una situación común en estos análisis ya que frecuentemente hay que ir girando la muestra para ir viendo

el resto de los anillos y pocas veces se capta en una sola posición todos los annulis presentes.

Las Fig. 5 y 6 corresponden a las finas lonjas centrales montadas en portaobjetos. La Fig. 5a y b, corresponden al pez de 4 años iluminado en (a) con luz reflejada y en (b) con una combinación con transmitida.

La Fig 6a corresponde al pez de 10 años iluminado sólo con luz transmitida, la 6b esta sobre fondo negro y luz reflejada. Se dejan ver numerosas marcas o anillos secundarios que como se pueden apreciar no tienen la relevancia y espesor de un **annulus**. Tal como lo mencionan para especies del género **Merluccius** del Atlántico (FAO, 1981), en los otolitos de la merluza común, en peces viejos, las bandas de crecimiento tienden a ser más uniformes, lo cual facilita la determinación de la edad. No obstante, en la mayoría de las especies de período de vida larga, el crecimiento del otolito disminuye notablemente con la edad, depositándose finos **annuli**, por lo que en los otolitos procedentes de ejemplares de gran talla, es necesario observar cuidadosamente las zonas marginales para no subestimar la edad (Morales-Nin, 1987).

9.1.2 Comparación de las determinaciones de edad

a) Empleo de porcentaje de concordancia, APE, V y D

Las alternativas de comparación se presentan para una set de muestras en donde se emplearon tres técnicas distintas de preparación y que se comparan de la siguiente manera:

COMPARACIÓN	Abreviatura
Entre lectores	I ELEC1/ELEC2
Otolito entero lector 1 v/s Otolito entero lector 2	
Entre Técnicas	
Otolito seccionado, pulido, tostado v/s Lonja central otolito Otolito entero v/s Otolito seccionado, pulido, tostado Otolito entero v/s Lonja central de otolito	SPT/ L E/ SPT E/ L

El análisis entre lectores se centró en comparar el grado de precisión que tienen ambos al analizar las muestras bajo la técnica de los otolitos enteros hidratados, la cual corresponde a la técnica en uso en los análisis realizados anualmente en esta pesquería.

Para ello se empleó una submuestra de 84 individuos, los que fueron analizados independientemente por cada uno de los lectores, observándose una alta correlación en las edades asignadas (Tabla 1, Fig. 7), un 99% de sus lecturas corresponde a la variación de ± 1 anillo; APE y D tienen un valor de 5,77 y el coeficiente de variación es de 8,16% lo que significa un bajo valor de error.

Quién recién se adentre en este tipo de estudios al observar la Tabla 1, podría apreciar como un problema que algo más de un 40 % de las muestras que han realizado dos lectores no coincidan en forma absoluta en la determinación de la edad, pero debe tenerse en cuenta, que la observación desde coincidencia total a ± 1 anillo de diferencia es 99% , por lo tanto lo más probable es que dos lecturas de una misma pieza, hechas independientemente por dos lectores o van a ser

totalmente coincidentes o tendrán una diferencia de un anillo . Esto, dado el número de edades presentes en la especie en estudio , es considerado bueno , no obstante si se tratase de especies mucho menos longevas que alcancen a lo más unos tres años, no se estaría concluyendo lo mismo ya que en ese caso habría mucho menos edades que observar.

La Fig. 7 muestra un buen grado de ajuste de las observaciones efectuadas por ambos lectores y con diferentes técnicas. El sector de edades entre 3 y 6 está representado por pares ordenados con un número de observaciones que oscila entre 10 y 61 individuos ; en cambio en los extremos es diferente. Desde la edad 7 en adelante el número de observaciones baja (es menor que 10) y ésto deriva a mayores oscilaciones como se aprecia en la gráfica.

En el caso de comparar entre las diferentes técnicas, si ocurre que por un tipo de preparación no se realiza la lectura por ser ilegible, dudosa, de preparación defectuosa, etc. ,se debe descartar completamente, aunque por las otras dos técnicas se hubiese leído con éxito.

Esto tiene como objetivo contar con un set de muestras, en que las lecturas estén realizadas sobre las estructuras de los mismos individuos variando sólo su preparación. Cada técnica en sí tiene sus características en cuanto a entregar un mayor o menor porcentaje de muestras legibles.

Para una variabilidad de ± 1 anillo, las determinaciones de edad que presentan una mayor afinidad son las que emplean como método de preparación de otolitos el SPT / L con 96,1 %, le sigue con un 92,2% la comparación E / SPT y con un 90,3% las que corresponden a E / L (Tabla 1, Fig.7).

Estos valores porcentuales indicarían un grado de correlación bastante bueno entre las apreciaciones de edad que permiten hacer las muestras preparadas por una y otra técnica.

Los índices APE, V y D por sus bajos valores indican que hay una gran correlación entre las estimaciones de edad por uno y otro método.

El porcentaje de error promedio, que es el que emplea en su construcción las diferencias absolutas entre la edad asignada y la media y el índice de precisión, que incluye la varianza en su formulación se igualan en valor en este proceso, producto del número de lecturas que se está comparando y entregan cifras entre 4,65 y 5,84.

El coeficiente de variación arroja valores entre 6,58 y 8,26 para la comparación de las diferentes técnicas de lecturas.

b) Test de simetría

Se aplicó el test de simetría a cuatro conjuntos de muestras a fin de medir la afinidad entre lectores analizando otolitos enteros por una parte y por otra la concordancia de las determinaciones de edad observando muestras preparadas bajo diferentes técnicas.

El objetivo aquí no es comparar "entre" los diferentes set de muestras, sino que aquí se quiere analizar dentro de cada muestra si las determinaciones de edad realizadas por diferentes lectores o bien empleando diferentes técnicas de preparación, presentarían diferencias significativas.

Se elaboraron las matrices que conjugan el resumen de las lecturas empleando el módulo Tables del Software estadístico SYSTAT, correlacionando las determinaciones de edad hechas por ELEC1 y ELEC2 (Tabla2a) y las que se obtuvieron a partir de otolitos preparados con la técnica SPT v/s L (Tabla 2b); E v/s SPT (Tabla 3a) y E v/s L (Tabla 3b).

La diagonal principal se presenta achurada y corresponde al punto donde los dos métodos coinciden, las celdas sin observaciones se dejaron en blanco. Para ilustrar la paridad de datos, se colocó explícitamente ceros en aquellas celdas que se emplean en el cálculo del test estadístico y se le agregó un superíndice para facilitar la observación de las celdas que son comparadas en el test de simetría.

En las matrices de las tablas 2 y 3, el número en la celda, n_{ij} , es el número de veces que un pez fue asignado a la edad j por una técnica mientras el mismo fue asignado a la edad i usando la otra técnica.

En general, las determinaciones de edad entre lectores, analizado otolitos enteros, o bien empleando diferentes métodos, coinciden en más de las mitad de las muestras, pero como el objetivo de la prueba de simetría, va más allá de ver el grado lecturas de coincidentes, se realizó el cálculo del estadístico que es el que indica el equilibrio de los puntos alrededor de la diagonal principal.

Si hay una diferencia sistemática entre los métodos, entonces el test estadístico tiende a ser grande. Si, sin embargo, las diferencias son debidas a error de azar simple, entonces el valor de n_{ij} será similar al de n_{ji} ; lo que indicaría que ambas técnicas son esencialmente intercambiables, podría usarse una u otra y el test estadístico no sería significativo.

Los valores obtenidos en el cálculo del estadístico y los grados de libertad son :

COMPARACIÓN	χ^2	G.L.	P= 0,950
ELEC1/ELEC2	11,40	9	16,92
SPT / L	19,88	20	31,41
E / SPT	27,10	22	33,92
E / L	31,16	29	42,56

La hipótesis de simetría no es rechazada en ningún caso (ELEC1/ELC2; SPT/L; E/SPT; E/L) dado que los valores del test calculado se posicionan dentro de la región de aceptación para una $p=0,950$.

Lo anterior indica que las observaciones de la edad de los peces analizados en otolitos enteros no entregaría resultados distintos a la observación de los otolitos seccionados transversalmente ya sea observando esta superficie con el beneficio que presenta el tostado, destinado a proporcionar un mayor contraste en la alternancia de bandas o bien extrayendo finas lonjas transversales en que se estudia la edad.

En el proceso de edad en forma usual, por el volumen de muestras que se analizan (miles), el lector debe decidir en breve si acepta leerla o no y sólo hay una segunda instancia en que él se autorevisa sus propias dudas o las revisa un tercero. En cambio, en la muestra del experimento, se dio la opción, por tratarse de la inclusión de nuevas técnicas, que el lector revisará las veces que considerara necesario las muestras.

Si bien determinar la edad con técnicas de corte, tostado y lonjas se realizó con éxito, el tiempo que demora su preparación y análisis indica como recomendable

emplearlas sólo esporádicamente, cuando se desee verificar alguna observación y no como algo habitual.

El análisis del otolito entero, si se observa minuciosamente, como es el trabajo que realizan las personas con experiencia, demostró que entrega estructuras de edades similares a las que se presentan en el plano interno de los otolitos y dada la simpleza de su preparación (sólo se hidrata), es lo más indicado para continuar realizando los estudios de edad de merluza común.

9.1.3 Periodicidad de formación de anillos de crecimiento

La distribución mensual del borde de los otolitos muestra la presencia de formación de anillos hialinos preferentemente durante los meses de junio a octubre (Fig.8). En septiembre no se contó con muestras, debido a restricciones propias del desarrollo de esta pesquería.

Ya sea se observe la fluctuación de los bordes en general para todas las edades o en particular para la edad 3 y 4, que son las de mayor abundancia, la tendencia es similar, confirmando que durante el período de un año el anillo de crecimiento está formado por una banda opaca y una hialina.

Del mismo modo, al observar la distribución del incremento marginal durante el año, se aprecia un marcado descenso de su valor en los meses de junio a octubre, lo que estaría ratificando la formación de bordes y lo planteado en Aguayo y Ojeda, 1987.

9.1.4 Distribución de frecuencia por annulis

La distribución de frecuencia (en porcentaje) por radios (en d.m.o.) se presenta en la Fig. 9. Se observa como se concentran las mediciones en cierto rango de longitudes (d.m.o.) por cada **annulus**. A pesar de contar con observaciones hasta edad quince para machos y veintiuno para hembras, sólo se incluyen en la gráfica hasta r_{11} y r_{16} respectivamente, debido a que edades superiores tienen escasa representación.

El primer anillo se caracteriza por ser un anillo de más difícil medición que los restantes, por presentar en ocasiones el extremo rostral, donde se realiza la medición, un tanto difuso. En esas ocasiones sólo se deja anotado que existe, sin anotar su medida y es debido a esto que pueden presentarse menos observaciones para r_1 que para r_2 .

La secuencia de modas a las edades permite observar un escaso traslape de las distribuciones en peces jóvenes, no así en los de mayor edad en que la superposición se acentúa.

9.1.5 Retrocálculo basado en las mediciones de otolitos enteros

La hipótesis de proporcionalidad del retrocálculo predice la heterocedasticidad en la gráfica L pez - R otolito. Específicamente, ellos predicen un incremento de la dispersión con el aumento del tamaño.

Algunos autores que han encontrado heterocedasticidad en la gráfica lineal cuerpo - estructura dura, han decidido removerla con una transformación logarítmica. Esta estabilización de varianza después de la transformación logarítmica es consistente

con BPH y SPH . Sin embargo, una respuesta más apropiada sería el empleo de una regresión ponderada (con pesos proporcionales a $1/L^2$ o $1/S^2$ para SPH o BPH, respectivamente (Francis, 1990)).

Esto tal vez sea demasiado fino y hay que considerar que si una regresión ponderada produce resultados muy diferentes de la regresión usual, ésto es, probablemente evidencia que la relación cuerpo - estructura dura no es lineal .

En la Fig.10 y 11 se muestra la gráfica de dispersión que representa la longitud pez como variable dependiente, la curva de pronóstico y su distribución de residuos para machos y hembras, respectivamente.

Si bien existen procedimientos estadísticos que permiten evaluar cualquier punto que a simple vista parezca escapado al conglomerado general de los registros y considerar la posibilidad de eliminarlo, en este proceso se optó por incluir todas las observaciones. Como se puede apreciar en las figuras señaladas anteriormente, los residuos se distribuyen bastante apegados al eje central, encontrando que más del 90 % de los datos se posiciona dentro de la banda de 50 unidades absolutas.

En el ajuste de regresión se empleó de base el software Excel 5.0 en su menú de Análisis de datos, obteniéndose como resultados para ambas relaciones las siguientes funciones:

$$L_{\text{pez}} = -19,379573 + 5,945659 R_{\text{ot}}, \text{ machos}$$

$$L_{\text{pez}} = -52,102811 + 6,497071 R_{\text{ot}}, \text{ hembras}$$

El resumen de los estadísticos de la regresión, coeficientes y límites, se entregan en la Tabla 4; el proceso sostiene un buen grado de ajuste con el método lineal

empleado, entregando coeficientes de determinación por sobre 0,9; con valor de 0,95 y 0,97 para el coeficiente de correlación en machos y hembras, respectivamente.

Considerando las relaciones $L_{pez} - R_{ot}$ señaladas, se calculó la longitud ajustada, tal como se señaló en la metodología con el proceso descrito por Francis (1990), para cada **annulus** de cada otolito empleado en las determinaciones de edad.

La corrección que se aplica a las longitudes retrocalculadas para aproximarlas a su valor verdadero (Francis, 1990), entregó en general un factor del orden 0,9997 (d.s.=0.0555) en machos y 1,0028 (d.s. = 0,0692) para hembras.

Los valores de longitud promedio a cada edad se presentan en la Tabla 5 y 6, junto a la desviación estándar, número de observaciones, moda, longitud mínima y máxima.

9.1.6 Estimación de los parámetros de crecimiento

9.1.6.1 Tratamiento de la información

Las opciones se representan para trabajar empleando:

- a) la edad y talla actual de cada individuo
- b) la edad y talla actual del individuo junto a el retrocálculo de las tallas pretéritas, vale decir, las tallas alcanzadas en cada año de vida.
- c) las tallas promedios a cada edad (retrocalculadas o actuales)

La opción de usar tallas promedio a la edad, ya sea provengan de edades actuales o retrocalculadas, implica un proceso de ajuste de parámetros de crecimiento sustentado en muy pocos pares ordenados. De allí que actualmente, dado los software que apoyan estos procesos, se prefiera trabajar con todas las observaciones y que producto de su dispersión natural, surja una curva de ajuste o expresión matemática que los represente.

Para optar por usar solamente la longitud y edad actual de los peces o bien emplear también el retrocálculo de sus tallas a edades pretéritas, se consideran dos factores principalmente.

El primero, está relacionado a responder si se cuenta con una función de proporcionalidad que permite en forma adecuada el retrocálculo. Y segundo, se debe considerar que el rango de longitudes que se logra muestrear va de acuerdo a como se desarrolla la pesquería. Si bien puede focalizarse el muestreo cuando se necesita, a tallas pequeñas, se obtendrá tan sólo lo susceptible de ser capturado por el arte en uso y ésto implica generalmente ausencia o escasez en una fracción importante del rango de tallas que abarca la especie.

En el caso de merluza común dado que se cuenta con las mediciones de los **annulis**, que son quienes posibilitan el retrocálculo y más aún considerando que el retrocálculo potencia la información que entrega cada individuo, se decidió por esta opción.

El proceso se realiza básicamente de dos formas:

- empleando el promedio de las longitudes retrocalculadas para cada edad.
- empleando todas las medidas de longitudes por edad que se obtienen de cada pez analizado.

El fin de emplear promedios en uno de los ajustes, se realiza para facilitar la comparación con las estimaciones de parámetros de crecimiento estudiadas anteriormente.

9.1.6.2 Ajuste de parámetros de crecimiento en longitud

Previo a la estimación de los parámetros de crecimiento, es importante examinar la forma en que se dispersan los datos en forma natural. La Fig. 12 muestra la nube de puntos, tanto para machos como para hembras; allí se seleccionó como símbolo de representación pequeños círculos vacíos, los cuales se ven ennegrecidos dado el alto número de observaciones.

El número de pares ordenados empleados para el caso de machos fue de 8.882 y de 13.003 para hembras; se aprecia como describen la curva propia de su crecimiento, observándose información más escasa sobre la edad 12 en machos y 18 en hembras.

El proceso de ajuste no lineal se realizó en base a los datos individuales proporcionando las siguientes expresiones de crecimiento :

$$L_t = 52,8 \left(1 - e^{-0,36388(t+0,25606)} \right) \dots\dots machos$$

$$L_t = 69,4 \left(1 - e^{-0,19578(t+0,65765)} \right) \dots\dots hembras$$

Las longitudes estimadas y las tasas de crecimiento se presentan en la Tabla 5 y 6 , los valores estimados a partir de las curvas de crecimiento ajustadas, entregan longitudes bastante similares hasta la edad 4 y posteriormente sus estimados van

presentando las diferencias propias entre sexos , alcanzando las hembras mayores tallas a la edad

Los intervalos de confianza de los estimados de los parámetros de crecimiento, al 95%, se presentan en la Tabla 7.

Las matrices de correlaciones entre los parámetros presentan valores adecuados y el coeficiente de determinación R^2 toma un valor de 0,93 en machos y de 0,92 en hembras. Este puede ser interpretado como una proporción de la varianza total de la variable dependiente alrededor de su media que es explicada por el modelo ajustado.

Si uno observa este coeficiente en los procesos efectuados en base a longitud promedio por edad se tiene que este alcanza valores de 0,99 tanto para machos como para hembras, lo que indicaría que el modelo ajusta muy bien.

En diferentes oportunidades al revisar la literatura, se observa una tendencia a comparar estudios de crecimiento para una especie realizados en diferentes épocas, sin considerar mayormente la base de esos estudios, vale decir, cual fue la muestra, rango de longitudes empleados, sistema de análisis y determinación de edad y metodología de ajuste de tales parámetros.

Como en merluza común existe un estudio de edad y crecimiento realizado por Aguayo y Ojeda, 1997, se revisó la base sobre la que estaba conformado y se asimiló el sistema de proceso para hacerlos comparables.

En tal oportunidad los autores citados también trabajaron en base a retrocálculo pero con regresiones funcionales (Ricker, 1973) y sin incluir la corrección que ajusta

la longitud estimada a un término más real (Francis, 1990), lo que podría influir en algún grado en la comparación ya que en este estudio sí se incluyó esta corrección.

Un factor relevante en el proceso de la información es el siguiente, ellos incluyeron ajuste de tallas promedios por edad. De allí que en el presente estudio también se realizó el ajuste de parámetros con tallas promedios a fin de poder compararlas.

Se encontró que entre ambos procesos, el de Aguayo & Ojeda, 1987 y el presente, existen pequeñas diferencias (Tabla 7) producto también de las bases de datos diferentes. Ellos estudiaron el período 1972-1975, ajustaron la función con 9 pares ordenados para machos y 12 para hembras, en cambio en el presente estudio se incluyó principalmente 1995-1996 y ciertas tallas extremas de longitud obtenidas de otros muestreos efectuados durante la década del noventa, ajustando la curva con 12 pares de ordenados para machos y 17 para hembras.

Se puede apreciar entonces que bajo una misma metodología de proceso los parámetros de crecimiento sí concuerdan, pero lo recomendable es la opción que se empleó en este estudio en relación a emplear todos los datos individualmente, obteniéndose así estimados más reales, ya que trabajar en base a longitudes promedios para cada edad resume de una manera significativa la información resultando parámetros de otro orden.

Al emplear longitudes promedio a la edad, el ajuste se torna sumamente sensible a la inclusión o exclusión de las longitudes promedios de las edades mayores quienes se encuentran escasamente representadas. En cambio, el ajuste empleando los datos individualmente es menos sensible a que se incluyan o no el set de datos las edades del extremo mayor, posibilitando así usar todos los datos observados.

Con los software disponibles hoy en día, procesar la información en forma individual es altamente recomendable y factible de realizar.

9.1.6.3 Comparación de parámetros de crecimiento entre sexos

Los antecedentes indican que existen diferencias en el crecimiento de machos y hembras (Aguayo y Ojeda, 1987) y es una situación común de observar en el género **Merluccius**, como es el caso de **M. australis** (Ojeda y Aguayo, 1986); **M. capensis** y **M. paradoxus** (Botta, 1971); **M. gayi peruanus** (Dioses, 1985); **M. productus** (Dark, 1975); **M. Merluccius hubbsi** (Otero, 1977).

En el presente estudio, se comparan los parámetros de crecimiento en longitud obtenidos para machos y hembras empleando la reparametrización que sugiere Gallucci y Quinn (1979); el test T^2 multivariado (Cerrato, 1990) y el análisis de la suma de los cuadrados residuales.

Al comparar un set de parámetros que describen el crecimiento es deseable contar con diferentes métodos de comparación a fin de estudiar sus resultados con varias alternativas para examinar.

La reparametrización empleando el método de Gallucci & Quinn (op. cit.) , considera el parámetro omega el cual toma los siguientes valores:

Parámetro	Machos	Hembras
ω	19,2193	13,5938
Var (ω)	0,16416	0,09123

El valor de t observado es 11,3, el cual comparado con el t de tabla (1,96) es mucho mayor, lo que indicaría que las diferencias de los ω son estadísticamente diferentes.

De otro modo, si se emplea el análisis multivariado en la comparación del crecimiento se tiene que la diferencia entre los vectores de los parámetros de crecimiento es:

$$\delta = \begin{pmatrix} -16,6149 \\ 0,168097 \\ 0,401584 \end{pmatrix}$$

La matriz de covarianza agrupada y su inversa corresponden a :

$$U = \begin{pmatrix} 3,581881 & -0,00402 & -0,01762 \\ -0,00402 & 6,8E-06 & 2,8E-05 \\ -0,01762 & 2,8E-05 & 0,000198 \end{pmatrix} \quad U^{-1} = \begin{pmatrix} 0,83587 & 452,066 & 9,95175 \\ 452,066 & 601,361 & -45,409 \\ 9,95175 & -45,409 & 12391,8 \end{pmatrix}$$

con lo que el estadístico T^2 toma un valor de 10.434,0 lo que comparado al valor crítico $T_0 = 7,8$, con una significación del 5 %, indica que no se puede aceptar la hipótesis nula de $\delta = 0$, es decir, el conjunto de parámetros de machos y hembras son significativamente diferentes.

Otro elemento en la comparación se tiene al emplear un análisis de la suma de cuadrados residuales entre los sexos (Chen et al, 1992).

Los valores que toman estos estadísticos en el proceso son:

	RSS
Muestra de machos :	6.546.951,8
Muestra de hembras :	21.516.136,0
Muestra combinada :	31.262.623,5
F calculado :	745,6
F tabla ($\alpha=5\%$) :	2,6

Se aprecia al igual que con las otras pruebas señaladas anteriormente que las muestras comparadas generan estimados de crecimiento estadísticamente diferentes.

9.1.6.4 Ajuste de parámetros de crecimiento en peso

Los datos se dispersan naturalmente como se presenta en la Fig.13 . Las dos primeras edades tienen un rango de pesos muy similares y a partir de la edad cuatro en adelante son muy notorias las diferencias en el rango de pesos abarcado por edad. Las hembras con su gran variedad de pesos por edad presentan algunos individuos con pesos máximos de alrededor de los 5 Kg. En machos, en cambio, su distribuciones de pesos por edad son más estrechas y presentan como valores máximos pesos cercanos a los 2 Kg.

Si se opta por calcular un estimado del W_{∞} introduciendo el valor de L_{∞} en la relación peso - longitud (ec. 13), se obtienen valores de 1.018 grs. y 2.431 grs. para machos y hembras, respectivamente. Esta forma de cálculo dista notablemente de los parámetros que se obtienen del ajuste de regresión con las variables peso - edad como se señala a continuación:

El ajuste de los datos individuales entrega las siguientes expresiones de crecimiento (Tabla 8):

$$W_t = 1.244,4 \left(1 - e^{-0,26682(t+0,82176)} \right)^{2,78051} \dots\dots machos$$

$$W_t = 4.743,6 \left(1 - e^{-0,09735(t+2,599753)} \right)^{3,06306} \dots\dots hembras$$

Las matrices de correlaciones de los parámetros presentan valores adecuados para los coeficientes de correlación, indicando que el modelo es apropiado.

El coeficiente de correlación R^2 toma un valor de 0,90 en machos y 0,85 en hembras y corresponden a valores de ajuste un tanto menores que lo que se obtiene al regresionar la variable longitud a la edad señalados en un punto anterior.

De hecho se podría llegar a ajustes con un R^2 más elevado si se emplea los pesos promedios y las razones son obvias, pero es una opción en este estudio emplear el ajuste en base a los datos individuales.

9.2 Estudios de microincrementos de crecimiento

9.2.1 Validación de microincrementos en larvas de merluza común.

El resultado de la fecundación artificial de gametos no fue exitosa, ya que en algunos casos no se observaron en los huevos divisiones celulares, en otros se obtuvo huevos en fases intermedias de desarrollo y de una de las fecundaciones se obtuvo tres

larvas, las que alcanzaron el estadio de pigmentación del ojo. Las condiciones experimentales y el resultado respecto al número de larvas nacidas o bien obtenidas en pescas planctónicas se resumen en la Tabla 9.

El desarrollo de huevos planctónicos permitió la obtención de un alto número de larvas. De la temporada 1995 se obtuvieron 644 larvas, en 1996, 302 y en 1997, 165. Todas ellas mostraron un aspecto normal y buen nivel de actividad, excepto las larvas de las pescas de enero de 1997, que sólo sobrevivieron 3 días. Del estanque mantenido a 16,9° C no hubo sobrevivientes al cabo de 7 días desde la eclosión del huevo. La máxima sobrevivencia alcanzó a 18 días desde la eclosión. El número de larvas indicado en la Tabla 9 muestra el escaso número de sobrevivientes obtenido, comparado con el total de larvas al inicio del experimento. A pesar de mostrar algunas de las larvas restos de alimento en el intestino, el crecimiento se hizo asintótico aproximadamente a los 5 días desde la eclosión del huevo (Tabla 10).

Aunque la longitud estándar de las larvas no aumentó después de los 5 días desde la eclosión, el diámetro de los otolitos sagitales continuó aumentando hasta el fin del experimento. En larvas de 1 día, el diámetro promedio fue de 16 micrómetros y de 18 días fue de 49 micrómetros. El conjunto de datos individuales del tamaño de los otolitos larvales mostró cierto grado de dispersión pero en su conjunto se observa una relación proporcional a la edad en días de las larvas (Fig. 14).

En el caso de las larvas obtenidas del plancton, se les extrajo los otolitos a 9 especímenes el día siguiente a su recolección, los que mostraron al microscopio microincrementos de crecimiento muy nítidos, sin necesidad de recurrir al proceso de pulido. En ninguno de ellos se observó algún deterioro en su estructura que pudiera atribuirse a la permanencia de las larvas durante un día en formalina. El diámetro de los otolitos de las larvas fijadas en formalina 5%, de un rango de tamaño de 4,5 a

17,7 mm LS mostró una relación proporcional a la talla de las larvas (Fig. 15). Es necesario aclarar que los otolitos de la larva de 17,7 mm LS, ya mostraban la forma alargada típica de los otolitos de los juveniles, por lo que se midió la longitud de éstos en su eje mayor en vez del diámetro.

El número de microincrementos en los otolitos de las larvas planctónicas también mostró ser directamente proporcional a la longitud de las larvas (Fig. 16). El aspecto al microscopio de otolitos extraídos a larvas de 4 y de 18 días después de la eclosión se muestran en la Fig. 17. Incluso con el aumento con inmersión (1250x), sólo fue posible observar microincrementos en algunos ejemplares. En cambio, los otolitos de las larvas capturadas en el plancton mostraron con nitidez los microincrementos de crecimiento (Fig. 18). En una larva de 4,5 mm LS se contaron 4 microincrementos y en la larva de 13,2 mm, 47 microincrementos.

Los resultados de los experimentos realizados con las larvas de merluza común, ponen de manifiesto que los huevos planctónicos pueden desarrollarse con éxito en el laboratorio, pero la sobrevivencia larval se ve limitada en el tiempo por problemas atribuibles a la alimentación. Se encontró una sola publicación en que se criaron en el laboratorio larvas de alguna de las especies del género *Merluccius*. En ese experimento se mantuvieron durante 11 días las larvas de *Merluccius productus*, utilizando como alimento naupli de *Artemia salina* y plancton (Bailey 1982). Posteriormente, el Dr. Kevin Bailey obtuvo larvas de la misma especie provenientes de huevos planctónicos, las que sobrevivieron 20 días, pero presentaban mal aspecto (comunicación personal). La Dra. Gail Theilacker sugiere la utilización de estanques de gran capacidad para una mejor sobrevivencia de las larvas de merluza (comunicación personal).

El hecho de haber mantenido vivas hasta los 18 días de edad a las larvas de merluza común es comparable con los resultados señalados arriba. Para la alimentación de las larvas se empleó alimento vivo, procedimiento que también se recomienda en cultivos masivos de peces. Los tres tipos de alimento utilizados (naupli de **Artemia salina** y de cirripedios y rotíferos) son recomendados por diferentes autores (Theilacker & Dorsey 1980, Hunter 1984, Kuronuma & Fukusho 1984). Este tipo de alimento es adecuado para el tamaño de la boca de las larvas. Por otra parte, al agregar microalgas se ha observado un aumento en la sobrevivencia larval, aunque la forma de actuar sobre las larvas no es clara (Hunter 1984). Con anterioridad, el mismo diseño experimental permitió criar con éxito larvas de sardina **Sardinops sagax** (Balbontín & Cannobbio 1982, Balbontín & Butler 1988).

No es de extrañar que los experimentos con larvas de peces terminen a las pocas semanas con una mortalidad del 100%, a menos que se trate de cultivos masivos con un alto número inicial de larvas (Theilacker & Dorsey 1980). En el presente experimento con larvas de merluza, más importante que el número de días que sobrevivieron las larvas fue el hecho que los microincrementos de los otolitos larvales estaban poco definidos al compararlos con la clara definición observada en larvas obtenidas del mar. Esta situación ha sido discutida por Campana & Neilson (1985) tomando como referencia el régimen de temperatura que puedan experimentar las larvas. Un régimen de temperatura diario fluctuante, como el existente en el ambiente natural, permitiría un marcado contraste entre zonas adyacentes discontinuas e incrementales del otolito, mientras que la temperatura casi constante de los experimentos de laboratorio no produce ese efecto.

El incremento en el diámetro de los otolitos larvales muestra que hubo algún grado de crecimiento en las larvas criadas en el laboratorio, el que no se reflejó en la longitud estándar de éstas. El escaso crecimiento en longitud observado en las larvas durante

los primeros 5 días después de la eclosión, se realizó a expensas de la energía correspondiente al vitelo. Es común en larvas de peces sometidas a hambruna o con densidades de alimento muy bajas, que la longitud de éstas no aumente o que incluso disminuya, presentando tasas instantáneas de crecimiento negativas (Balbontín & Cannobbio, 1992). Por otra parte, las larvas de peces parecen crecer con una eficiencia bruta de crecimiento cercana al máximo, limitada sólo por el costo de la formación de la biomasa (Kiorbe 1989). Es posible que parte de la energía disponible del vitelo o de la gota de aceite presente en el huevo y que persiste en larvas de varios días de edad, haya sido utilizada en las larvas de merluza común para otra forma de crecimiento o en el desarrollo de los órganos de los sentidos y no en el aumento de su longitud corporal.

Diferente es el caso de las larvas capturadas en el plancton, en que el crecimiento en la longitud estándar estuvo acompañado por un aumento proporcional en el diámetro de los otolitos y en el número de microincrementos observables en éstos. El otolito de la larva planctónica más pequeña (4,5 mm LE) midió 40 micrómetros, igual al de las larvas criadas en el laboratorio de 7 días de edad (Figs. 14 y 15). El otolito de esa larva presentó 4 microincrementos de crecimiento. En larvas de **Merluccius productus**, los microincrementos diarios comienzan a formarse 1 ó 2 días antes de que se complete la reabsorción del saco vitelino (Bailey 1982), lo que a una temperatura similar a la utilizada en merluza común, ocurre a los 5 días de edad. Por otra parte, al estar fijadas en formalina, no es posible comparar directamente las longitudes de las larvas planctónicas con las criadas en el laboratorio. Sin embargo, si se comparan estas larvas sobre la base del diámetro de los otolitos, se puede especular considerando los resultados obtenidos en **M. productus**, que los 4 microincrementos observados en la larva planctónica corresponderían a los 7 días de edad de la larva criada en el laboratorio. No es posible extrapolar lo que se concluye respecto a una larva para el resto de ellas, pero plantea una base razonable para

considerar en las larvas de merluza común que los microincrementos de los otolitos se depositan diariamente, una vez consumido el vitelo. Por otra parte, la validación de la formación diaria de microincrementos se ha descrito para las larvas de varias especies de peces (Brothers *et al.* 1976, Campana & Neilson 1985), por lo que este supuesto también se sustenta en esos resultados.

9.2.2 Lectura de microincrementos presentes en otolitos *sagittae* de juveniles

- Submuestreo de juveniles

Debido al significativo número de ejemplares juveniles disponibles en la muestra del crucero (N= 650), se realizó un submuestreo aleatorio estratificado por tallas, con asignación proporcional. Se submuestreó un total de n=38 individuos entre machos y hembras que estaban en un rango entre 11 y 39 cm de longitud total. La submuestra elegida al azar representa un error estimado de 3,7%. En la Fig. 19 se observa la distribución proporcional de las submuestras por estratos de tallas. En las tallas extremas se realizó un censo debido a la escasa presencia de individuos, particularmente en las tallas pequeñas.

- Observación, interpretación y recuento de microincrementos

Los resultados de la microestructura de otolitos **sagittae** de juveniles de merluza común se muestran en las Fig. 20, 21 y 22. En la Fig. 20a se observa con aumento 312 x, la zona del núcleo del ejemplar hembra # 7-3 con una talla de 22 cm LT y con 982 días de edad. La Fig. 20b muestra más en detalle la zona nuclear (500x), donde existe un grupo de líneas concéntricas en un número aproximado a las 39 que corresponderían al anillo hialino que rodea al núcleo, observado en la macroestructura

del otolito de este ejemplar. Este anillo hialino alrededor del núcleo se observó en un 26% de la muestra con un promedio de 59 microanillos ($DS = 23,9$) y podría corresponder a un anillo característico de la vida pelágica juvenil de la especie.

En la Fig. 21a se observa con aumento 500x, una zona central del otolito más cercana al núcleo de un ejemplar macho # 1-25 de 37 cm LT y con 979 días de edad, donde los microincrementos son fácilmente distinguibles y contables, lo cual podría corresponder a una zona de crecimiento rápido. La Fig. 21b corresponde también a una zona central pero más cerca del borde ventral del otolito de un ejemplar macho # 4-23 (500x) de 32 cm LT y con 898 días de edad. Por estar los microincrementos más juntos y apretados, esta zona podría corresponder a un crecimiento más bien lento.

En la Fig. 22, se muestran dos tipos de bordes ventrales. El primer caso corresponde al borde del otolito de un ejemplar hembra # 19-32 (500x) de 14 cm LT y con 420 días de edad (Fig. 22a). Aquí los microincrementos son bastante distinguibles y posibles de contar lo cual es propio de individuos más jóvenes que en el caso del ejemplar hembra # 7-3 (250x) con una talla de 22 cm LT y con 982 días de edad, donde los incrementos son un poco menos visibles (Fig. 22b).

- Validación de anillos hialinos usando microincrementos

Previo al proceso validación de anillos hialinos a través del método de microincrementos, es necesario describir algunas de las características de la muestra usada durante esta investigación. El proceso de determinar edades, en general produce un número de otolitos que son considerados ilegibles, ya sea por defectos en la calcificación, por no presentar anillos distinguibles o por efectos de la aplicación de la técnica. Inicialmente los cálculos determinaron una submuestra de 38 otolitos; sin embargo y como una manera de mejorar las estimaciones en las tallas extremas, se

aumentó el número total a 44 otolitos. De este total 5 muestras resultaron ser ilegibles producto de las dificultades en el proceso de la obtención de la réplica. Es así que finalmente la muestra para validación estuvo representada por 39 individuos.

La submuestra para validación consistió en individuos entre 11 y 38 cm LT con una moda de 36 cm. Las estructuras etarias generadas por las dos técnicas en comparación se indican en la Tabla 11. Con el método de la lectura de macroanillos se observó un predominio entre 1 y 2 anillos (56,4%) en un rango entre 0 y 4 anillos. El método de lectura de microincrementos estuvo dominado por individuos con 1,5 anillos (30,8%) en un rango entre 1 y 3.

Aunque la periodicidad de los microincrementos de crecimiento no pudo ser validada directamente en merluza común, es posible suponer con el apoyo de lo observado por Pannella (1971, 1974), Brothers *et al.* (1976), Morales-Nin (1980) Miranda (com. pers) y Garland (1990), que las líneas de crecimiento observadas en la microestructura corresponderían a incrementos diarios basados principalmente en la similitud morfológica que estas estructuras presentan en diferentes especies del género **Merluccius**, tales como: **Merluccius bilinearis**, **Merluccius angustimanus**, **Merluccius sp**, **Merluccius paradoxus** y **Merluccius gayi**. Basándose en el supuesto señalado, se utilizó la técnica de recuento de microincrementos para validar los anillos hialinos reconocidos y contados por el método tradicional.

Para realizar una validación directa del método tradicional a partir de las edades determinadas en días, se usó el otolito derecho y simultáneamente el personal de la Unidad de Edad y Crecimiento del IFOP determinó el número de anillos hialinos en la macroestructura del otolito izquierdo.

Para validar los anillos hialinos presentes en la macroestructura de los otolitos sagitales de merluza común a partir de la edad determinada por un método independiente como es el recuento de microincrementos a partir de los mismos otolitos, se siguió el método de regresión lineal que permite evaluar la tasa de cambio (β_1 = pendiente) entre las variables en estudio. En el gráfico de dispersión (Fig. 23), se observa un grado de explicación adecuada por parte de los microincrementos hasta los 2 anillos determinados por el método tradicional. A partir de la edad 2, la relación entre las dos variables es indefinida y no se observa una tendencia clara. Debido a lo anterior se realizaron dos análisis de regresión, uno para cada grupo de datos. Los resultados se observan en la Tabla 12 y Fig. 24. Para el caso de la regresión del primer grupo, o sea individuos con un número de anillos entre 0 y 2, la explicación de la variabilidad de la variable dependiente (anillos hialinos) por parte de la independiente (microincrementos) es de un 62,78% teniendo una pendiente (b) diferente de cero ($p < 0,0001$) y no diferente de 1 ($\alpha = 0,05$). Esto último tiene gran importancia ya que implica que la edad determinada por conteo de anillos hialinos (método tradicional) entre 0 y 2 anillos es aproximadamente la misma que la determinada por el método de los incrementos diarios. Sin embargo, en el caso del segundo grupo (edades mayores a 3 anillos), la pendiente (b) no es diferente de cero ($p = 0,887$) lo que implica que no existe relación alguna entre las variables.

El método de regresión utilizado para validar las determinaciones de edades hechas a través del recuento de anillos hialinos usando edades determinadas a través de microincrementos diarios, también fue reportado por Brothers *et al.* (1976) para *Merluccius sp* donde la pendiente no fue diferente de la unidad ($p > 0,001$), para un rango de edades entre 0 y 6 años. Sin embargo, en nuestro estudio de validación las edades determinadas por los dos métodos usados serían equivalentes sólo hasta los dos años de edad, no teniendo ninguna relación las variables a partir de los tres años. Una posible explicación podría estar relacionada con los eventos reproductivos que

pueden producir anillos falsos, lo que en la literatura especializada está ampliamente documentado. Las tallas de la muestra empleada de individuos con 3 anillos, se encuentra entre 33 y 38 cm LT con una moda de 36 y 37 cm, valores que están dentro del rango de la talla de primera madurez sexual de la merluza común (Balbontín & Fischer 1981). Por lo tanto se podría especular que individuos de tallas mayores a 33 cm LT pueden presentar anillos falsos producto del proceso de maduración sexual y que estos anillos serían imposibles de distinguir de los verdaderos *annuli*. Esta posibilidad queda descartada dado que independiente a las causas que originen la formación de anillos en merluza común se observa claramente sólo una moda en la formación de anillos hialinos, como se señaló en los puntos anteriores y de darse el caso de estar considerando el anillo de desove independiente al anillo anual se deberían ver dos modas de anillos hialinos durante el año, situación que no se observó en el presente estudio ni en anteriores.

Otra posible explicación de la no concordancia en los individuos con 3 años o más entre los análisis de macroincremento v/s lo analizado mediante microincrementos, tiene relación con la capacidad de discriminación al emplear microscopio óptico. El uso de estos equipos es limitado, se pueden emplear con bastante éxito al analizar las muestras en su primer período de crecimiento pero para discriminar en edades mayores es esencial apoyarse en microscopía electrónica de barrido.

Incluso en la visita de Asistencia Técnica que realizó la Dra. Morales - Nin al Instituto de Fomento Pesquero, nos indicó que en sus estudios había apreciado que pequeños incrementos diarios ($<1\mu\text{m}$) no podían ser resueltos con el uso del microscopio óptico. Si en un otolito se observan los macroanillos se puede apreciar como se van estrechando las bandas con el paso del tiempo y es esperable entonces que cada vez tengan sus microincrementos menos espaciados y al querer

observar con microscopio óptico edades más allá de los primeros años , se corre el riesgo de sobreestimar el crecimiento y subestimar la edad.

Tal situación se resuelve al comparar los recuentos de anillos obtenidos con microscopio óptico versus lo que se obtenga con el microscopio electrónico de barrido y un ejemplo de ello se presenta en Morales-Nin & Ralston, 1990.

La opinión de la Dra. Morales - Nin tiene gran validez debido a su amplísimo conocimiento , reconocido internacionalmente, en estudios de edad en los organismos.

Los análisis de la edad empleando microscopía electrónica de barrido no fueron considerados en la Oferta Técnica de este estudio. Básicamente con ello se incurre en otro nivel de costos y es un trabajo recomendable de desarrollar como un paso en la escala del conocimiento.

No obstante la discrepancia en el tercer anillo, la concordancia observada entre las determinaciones de edad por las técnicas empleadas de macro y microincremento para los dos primeros años de vida de esta especie, permite confirmar el adecuado criterio con que se había estado observando el primer anillo, el cual es difícil de discriminar por la cantidad de anillos falsos que le acompañan e incluso entre el primer y segundo anillo en donde generalmente se observa un anillo secundario, un tanto notorio y de difícil discriminación para lectores poco experimentados.

Desde el tercer anillo en adelante la determinación de edad mediante lectura de macroincremento en esta especie se torna mucho más sencilla, ya que el patrón de anillos se presenta con bandas secundarias bastante menos marcadas, lo que facilita su lectura.

9.3 Estudio de Mortalidad Natural

9.3.1 Método de Caddy (1984)

La Tabla 13 presenta las estimaciones de mortalidad total de machos, hembras y ambos sexos a partir de los datos de captura por grupos de edad. La mortalidad total se ha estimado a partir del grupo de edad 8, de tal manera que es ésta la fracción que se considera completamente vulnerada. Además, se presentan las estimaciones de t_{50} , que corresponde al inverso de la mortalidad total, las cuales fueron utilizadas para obtener los valores equilibrados de Z según Caddy (1986).

El más bajo valor del límite inferior de confianza de las tasas de mortalidad estimadas para machos y hembras ocurre en 1991 y 1989, respectivamente. En los machos, el valor mínimo está representando por $Z = 0,428 \text{ año}^{-1}$ y en las hembras por $Z = 0,113 \text{ año}^{-1}$. En base a estos valores de referencia, cualquier estimación de la tasa de mortalidad natural de machos y hembras no debería ser mayor o igual que estos límites, lo contrario podría implicar que la tasa de mortalidad por pesca ha sido despreciable o bien que la mortalidad natural fue muy baja para esos años.

Las tasas de mortalidad total equilibradas, tanto de machos como hembras presentan una tendencia decreciente entre 1975 y 1989, y una leve tendencia creciente desde entonces hasta 1992. Los valores de Z en equilibrio de los machos siguen muy de cerca los valores determinados a partir de las curvas de pesca. En las hembras, en cambio, la mortalidad total equilibrada se presenta más suavizada, lo que es lógico debido al promedio ponderado que se está utilizando en su determinación (Fig. 25).

La relación entre la tasa de mortalidad de hembras y machos se muestra en la Fig. 26, apreciándose una buena correlación. En la relación, se presentan dos datos-puntos que se escapan de la relación general, uno de los cuales corresponde a una muy alta tasa de mortalidad total de las hembras en 1978, en relación con la esperada. El otro, en cambio ocurre en 1980, donde la mortalidad total de las hembras fue más baja que la esperada.

El método de Caddy (1984), relaciona las tasas de mortalidad total de machos y hembras, suponiendo que: (1) la mortalidad por pesca de uno de los sexos es proporcional a la mortalidad por pesca del otro; (2) la razón mortalidad natural: constante de crecimiento de von Bertalanffy (M/K) de machos es igual a la razón M/K de las hembras; y (3) la mortalidad total de machos debe ser mayor que la mortalidad total de hembras, i.e. $Z_m > Z_h$.

El análisis de regresión entre la mortalidad total de machos (Z_m) y la mortalidad total de hembras (Z_h) se muestra en la Tabla 14 ($r^2 = 0,6054$).

En consecuencia, de acuerdo a los supuestos del método de Caddy (1984), la mortalidad natural de machos (M_m) y hembras (M_h) se resuelven a partir de los valores de "a" y "b" obtenidos de la regresión y las Ecuaciones 21 y 22, respectivamente. Al respecto, los valores de mortalidad son $M_m = 0,3521 \text{ año}^{-1}$, y $M_h = 0,1404 \text{ año}^{-1}$; considerando un valor para la constante $\omega = 0,75$.

9.3.2 Método de Rikhter y Efanov (1976)

En todos los métodos siguientes se utilizan de algún modo u otro los parámetros de crecimiento en longitud determinados por Aguayo & Ojeda (1987), así como los errores estándar de cada uno de ellos, lo que se resumen en la Tabla 15. No

obstante, los ajustes finales de los parámetros de crecimiento del presente estudio, se consideran como datos de entrada en los procesos de mortalidad en el punto 9.3.7.

La talla de primera madurez sexual estimada por Alarcón & Arancibia (1993) corresponde a 37,9 cm de longitud total, la cual fue estimada para las hembras. Al utilizar los parámetros de crecimiento (Tabla 15), a esta talla le corresponde una edad de 3,56 años. Consecuentemente, al aplicar la ecuación de Rikhter & Efanov (1976) se obtiene un estimado de $M = 0,454 \text{ año}^{-1}$ para las hembras.

Si se supone que en los machos la talla de primera madurez coincide con la talla de primera madurez sexual de las hembras, entonces a los machos les corresponde una edad de primera madurez sexual (50%) de 3,52 años y, por ende, una tasa de mortalidad natural de $0,459 \text{ año}^{-1}$. Coincidentemente, haciendo el mismo ejercicio, esta vez utilizando los parámetros que describen el crecimiento de machos y hembras conjuntamente, la tasa de mortalidad natural alcanza a $0,442 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos.

La estimación más baja para la talla de primera madurez sexual es de 36 cm, en base al incremento porcentual del índice gonadosomático promedio de las hembras (Alarcón & Arancibia, 1993). A su vez, la más alta de 47 cm. fue estimada por Furet (1982). En tanto, Poulsen (1952) estima en 40 cm, similar a los 39,4 cm determinados por Balbontín & Fisher (1981).

Con el objeto de determinar valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural se internalizó las incertezas de los parámetros de crecimiento (Tabla 15), para determinar la edad de primera madurez sexual; se consideró una distribución uniforme para la talla de primera madurez sexual en el rango

comprendido entre 36 y 47 cm de longitud, y se asignó un coeficiente de variación del 10% a los parámetros de la ecuación de Rikhter & Efanov. La estadística de 3000 réplicas o valores alternativos se resumen en la Tabla 16 y la distribución de frecuencia en la Fig. 27.

El coeficiente de variación es cercano al 30% y el rango de los valores fluctuó entre $0,043 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos a $0,912 \text{ año}^{-1}$ en las hembras (Tabla 16). Los valores promedio de M fueron similares en machos, hembras y ambos sexos debido al supuesto de que la talla de primera madurez sexual para ambos sexos es equivalente a la de las hembras. En este contexto, la edad de primera madurez sexual se puede considerar similar.

Los percentiles 2,5% y 97,5%, aproximadamente al 95% de confianza, indican que la tasa de mortalidad natural se encuentra entre $0,168 \text{ año}^{-1}$ y $0,662 \text{ año}^{-1}$ (Tabla 16).

9.3.3 Método de Pauly (1980)

Al utilizar los parámetros de crecimiento de *M. gayi* (Tabla 15) y una temperatura promedio anual del habitat supuesta en 11°C en la ecuación de Pauly (1980), se obtienen estimaciones de $0,428 \text{ año}^{-1}$ para los machos, de $0,260 \text{ año}^{-1}$ para las hembras, y de $0,242 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos conjuntamente.

Al obtener 3000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural internalizando la incerteza en los parámetros de crecimiento (Tabla 15) y un rango de temperaturas comprendido entre 8° y 14°C , se tienen los resultados mostrados en la Tabla 17.

El promedio de M alcanza a $0,452 \text{ año}^{-1}$, $0,275 \text{ año}^{-1}$ y $0,257 \text{ año}^{-1}$ para machos, hembras y ambos sexos en conjunto. A su vez, el coeficiente de variación alcanza valores de 37,2%; 40,4% y 41% para machos, hembras y ambos sexos. La distribución de frecuencia de los 3000 valores alternativos se muestra en la Fig. 28, donde se aprecia como característica una distribución con una gran cola hacia valores positivos. Esto es esperable debido a la distribución log-normal de los residuos del modelo de Pauly (1980).

9.3.4. Método de Alagaraja (1984) y Taylor (1959)

La edad de reclutamiento se fijó en 2 años y la edad de longevidad se determinó en 10,2 años para los machos, 18,8 años para las hembras y 20,6 años para ambos sexos en conjunto utilizando los parámetros de crecimiento en longitud de Aguayo & Ojeda (1987) (Tabla 15).

De acuerdo con el método de Alagaraja (1984), la mortalidad natural de los machos alcanza a $0,562 \text{ año}^{-1}$; en las hembras a $0,274 \text{ año}^{-1}$ y a $0,248 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos conjuntamente. Al utilizar un 5% de sobrevivientes a la edad de longevidad (Taylor, 1959), se determinan tasas de mortalidad de $0,365 \text{ año}^{-1}$, $0,178 \text{ año}^{-1}$ y $0,161 \text{ año}^{-1}$ para machos, hembras y ambos sexos, respectivamente.

En este informe se comunica la obtención de réplicas internalizando la variabilidad de los parámetros de crecimiento utilizados para determinar la edad máxima teórica, y relativos a una distribución uniforme para el porcentaje de sobrevivencia comprendido entre 1% y 10%, desde la edad de reclutamiento hasta la edad máxima teórica (Fig. 29).

Los resultados se muestran en la Tabla 18, donde se aprecia que el promedio de las estimaciones se acerca a las estimaciones realizadas con el método de Taylor (1959), i.e. con 5% de sobrevivientes. El coeficiente de variación fue 21,3% para los machos, seguido de 25,6% para las hembras y 27,5% para ambos sexos en conjunto.

9.3.5 Método en base a la edad crítica

Este método, basado en Alverson & Cartney (1975), utiliza estimaciones de la edad crítica para deducir la tasa de mortalidad natural. Una primera aproximación para determinar la edad crítica fue multiplicar el factor 0,38, utilizado por estos autores, por la longevidad o edad máxima teórica. Se tiene así valores de 3,88 años para los machos; 7,16 años para las hembras; y 7,85 años para ambos sexos en conjunto. La longevidad se determinó como aquella que ocurre cuando los peces alcanzan el 95% de la longitud asintótica.

En base a estos resultados, las estimaciones de la mortalidad natural alcanzan a $0,381 \text{ año}^{-1}$, $0,190 \text{ año}^{-1}$; y $0,173 \text{ año}^{-1}$, para machos, hembras y ambos sexos en conjunto, respectivamente.

La edad promedio a la cual ocurre el máximo peso de las capturas, en el período 1975-1992, se estimó en 6,1 años para los machos (CV=14,7%); 7 años para las hembras (CV=14,7%); y 6,39 años (CV=11%) para ambos sexos en conjunto. En relación con el método anterior, las edades críticas de las hembras son coincidentes. Sin embargo, en los machos se debería considerar una tasa de mortalidad natural muy baja para justificar una edad crítica tan avanzada (6,1 años).

Al respecto, en la estimación de valores alternativos e igualmente probables (Fig. 30) se modificó la incertidumbre de la edad modal de las capturas de los machos, bajándose de un nivel de 6,1 años a 4 años y adoptándose un coeficiente de variación de 10%. Además se incorporó incertidumbre al factor 0,38 utilizado por Alverson & Carney (1975) en un rango de 0,25 a 0,45.

Los resultados se presentan en la Tabla 19, donde se aprecia que la mortalidad promedio de los machos alcanza a $0,454 \text{ año}^{-1}$ (CV=30%), en las hembras a $0,224 \text{ año}^{-1}$ (CV=29%) y a $0,206 \text{ año}^{-1}$ (CV=28%) para ambos sexos.

9.3.6 Método que utiliza la fauna de parásitos

Con los datos de longitud total y los parámetros del modelo de crecimiento individual von Bertalanffy, publicados por Aguayo (1995) para ambos sexos en conjunto, se estimó la edad de los individuos muestreados. La abundancia promedio de **Anisakis** por clase de edad fue calculada. La distribución de frecuencias del número de **Anisakis** por merluza se entrega en la Tabla 20.

Estimaciones de la frecuencia esperada de la distribución binomial negativa fueron realizadas mediante un algoritmo de máxima verosimilitud (Elliot, 1971). La prueba Chi-cuadrado, con $s-p-1$ grados de libertad, donde s es el número de clases de edad y p el número de parámetros de la distribución binomial negativa (Elliot, 1971), fue realizada para medir la bondad de ajuste entre la distribución de frecuencias observadas y esperadas.

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

El 62,6% de los ejemplares de **M. gayi** albergaba larvas de **Anisakis**, colectándose 4.576 parásitos ($\bar{X} = 2,128$; d.e. = 3,530; n = 2.150). La función de regresión que mejor describe la abundancia promedio de **Anisakis** por clase de edad del hospedador corresponde a una recta de pendiente $m = 1,009$ (parásitos/año) ($r = 0,926$; $p < 0,001$, n = 7). Cabe destacar que la infección de merluza común por **Anisakis** comenzaría entre los 2 y 3 años de edad (Tabla 21).

La distribución de frecuencias observadas del número de parásitos por merluza se desvía significativamente de la esperada por una distribución binomial negativa cuyo promedio es $\bar{X} = 2,128$, varianza $s^2 = 12,463$ y $k = 0,67816$ (Chi-cuadrado = 28,82; g.l.=7; $P < 0,001$; Prueba de Kolmogorov-Smirnov de bondad de ajuste, $D_{\max} = 0,027$, (Fig. 31). Esta desviación consiste en que hay más ejemplares con hasta 4 parásitos que lo esperado, 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.

Las distribuciones de frecuencias porcentuales del número de larvas de **Anisakis** por merluza en cada clase de edad se indican en la Tabla 22. Allí se observa el incremento de la prevalencia y de la abundancia con las clases de edad. La dispersión estadística de la abundancia de **Anisakis** aumenta con la abundancia (Fig.32), lo que sugiere que **Anisakis** no es un agente de mortalidad natural, sino una parasitosis inocua para la merluza. En conclusión, esta parasitosis no es una fuente de información relevante para mejorar las estimaciones de mortalidad natural en la merluza común.

Quizás el parasitismo por *Aporocotyle*, un tremátodo (**Digenea** : **Sanguinicolidae**) que habita en el corazón y en las arterias branquiales de las merluzas y otros peces marinos sea mejor candidato a ocasionar una mortalidad importante. En la merluza

común, este parásito alcanza prevalencias totales del orden del 27,3% (George-Nascimento, 1996). Esta sospecha se fundamenta en hallazgos recientes que señalan a otras especies confamiliares de estos parásitos que ocasionan mortalidades masivas en peces marinos cultivados (Ogawa y Fukudome, 1994).

9.3.7 Combinación de las estimaciones de mortalidad natural.

En la estimación de un valor único de mortalidad natural para cada sexo, se obtuvo un promedio ponderado dado por el inverso de la varianza de cada estimación de M ; la cual fue obtenida con el bootstrap para cada uno de los métodos.

Los resultados de 5000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **M. gayi gayi** machos, hembras y ambos sexos se presenta en la Tabla 23 (Fig. 33).

El coeficiente de variación para el promedio de M alcanza a 12,6% para machos, 17,6% para hembras, y 14,6% para ambos sexos. El valor promedio de machos y hembras es comparable al obtenido con el método de Caddy (1984), ya que las estimaciones de este último caen dentro del intervalo de confianza de 95% ($M=0,352 \text{ año}^{-1}$ y $M=0,140 \text{ año}^{-1}$ para machos y hembras, respectivamente).

No obstante lo anterior, se destaca que el método de Caddy (1984) se basa en una regresión cuyo intercepto no es estadísticamente diferente de cero, situación que genera incertidumbre en los estimados. A su vez, cuando se utiliza $\omega=1$, como fue planteado por Caddy, el método produce estimaciones de M que son cubiertas por los límites de confianza de algunos valores estimados para la mortalidad total.

El uso de un promedio ponderado por el inverso de la varianza para obtener una estimación de M con criterios de precisión también es cuestionable desde el punto de vista de considerar los distintos valores como muestras independientes. Los métodos en sí son independientes uno de otros, pero los parámetros que alimentan los modelos se basan ya sea en los parámetros de crecimiento o en relaciones que necesariamente implican algún grado de correlación estadística entre ellos, de tal manera que los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 23), aunque pueden ser consecuentes con los parámetros de la historia de vida de la merluza común, siempre estarán sujetos a una gran incertidumbre.

Desde el punto de vista de la utilización de estos métodos empíricos para estimar un valor puntual para machos y hembras, se encontró que ninguno de estos métodos produce estimaciones de M para machos y hembras significativamente diferentes ya que los límites de confianza de 95% se sobrelapan (Fig. 33). Aunque ocurre un pequeño grado de sobreposición de los límites de confianza para la estimación combinada, se puede considerar que el valor estimado para machos y hembras aparecen siendo razonables y recomendables, particularmente utilizando límites más estrechos, i.e. de 80 % de confianza.

Finalmente cabe señalar que paralelamente a los resultados que se entregan para los diferentes métodos empíricos empleando los parámetros de crecimiento reportados por Aguayo & Ojeda, 1987, se estimó los valores de M a partir de los parámetros de crecimiento obtenidos en el presente estudio (Tabla 7) ya sea con el ajuste en base a longitud promedio o en base a datos individuales, observándose valores que están incluidos en el rango del intervalo de confianza del 95 % de los valores de M (Tabla 24) obtenidos con los parámetros de Aguayo & Ojeda (op. cit.).

9.3.8 Discusión de las estimaciones empíricas de M para *M. gayi gayi*.

Pascual y Iribarne (1993) evalúan el poder predictivo de los más comúnmente modelos empíricos utilizados y encuentran que los errores de predicción de las estimaciones de la mortalidad natural es sustancial. Los autores proponen que al momento de construir un modelo empírico, el poder predictivo del mismo se evalúe con métodos adecuados y no bajo el criterio de solamente el coeficiente de determinación que sólo refleja un énfasis en la descripción. 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) son útiles demostrando tendencias entre especies y en el desarrollo de la teoría ecológica. No obstante, debido a que solamente generan una simple y a menudo muy imprecisa estimación de M para cualquier grupo dado de peces, no son efectivos para generar estimaciones precisas de M o para determinar la variabilidad en M para algunos stocks. 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.

La aproximación utilizada en este estudio para indagar en el grado de precisión de las estimaciones de M con métodos empíricos no parece haber sido explorada antes. Aunque, la varianza y límites de confianza de la estimación de M podrían haber sido obtenidos con un método analítico, la generación de valores alternativos e igualmente probables en base a una función conocida de la distribución del error de no sólo los parámetros que alimentan el modelo sino también el error de las constantes de los modelos, parece en principio ser más eficiente. No obstante, éste es un aspecto que debe ser analizado con mayor detención en futuros estudios (ver Pascual y Iribarne, 1993).

El procedimiento usado para estimar M en la merluza chilena con el método de Alverson y Carney (1975) asume que la razón de la edad en el momento de máxima biomasa a 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_{∞} . La otra invariante surge entre el coeficiente de crecimiento K y la mortalidad natural, siendo M aproximadamente igual $1,5K$. Estas invariantes han sido recientemente revisadas por Jensen (1996), quien postula que esas tres invariantes de Beverton y Holt no son una relación estadística. En consecuencia, es importante revisar la siguiente pregunta para con el método de Alverson & Carney ¿Es el momento de máxima biomasa de una cohorte sin explotar una proporción fija de la esperanza de vida total de la cohorte?

Ninguno de los métodos produjo estimaciones de M estadísticamente diferentes entre machos y hembras. Este es un aspecto importante, ya que usualmente la mortalidad natural para machos y hembras se estiman con un método empírico, pero nunca se evalúa si dichas estimaciones son o no estadísticamente diferentes. Tal es el caso del método de Pauly (1980) que ya había sido utilizado en la merluza común por Payá *et al.* (1992). Por otra parte, una buena estimación de la mortalidad natural debe tener siempre mínima varianza, i.e. 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.

Las hembras de la merluza chilena son más abundantes que los machos en las

edades más viejas. En efecto, en las capturas de la flota se observa que la proporción sexual de las hembras es mayor al 80% en las edades más viejas de la fracción completamente reclutada (Arancibia y Cubillos, 1993; Aguayo-Hernandez, 1994). Las estimaciones de la tasa de mortalidad total (Z) de machos y hembras (sobre la base de análisis de curvas de captura) están fuertemente correlacionadas, lo que implica que machos y hembras de la merluza chilena están sujetos a igual probabilidad de mortalidad por pesca (F). Sin embargo, los machos presentan en promedio una tasa de mortalidad total más alta que la de las hembras, lo que se atribuye a tasas de mortalidad natural diferentes.

Considerando los supuestos involucrados en cada estimación de M con modelos empíricos los siguientes aspectos se deben tomar en cuenta: (a) si la edad de primera madurez sexual es igual en machos y hembras, pero se sospecha que M es diferente, entonces el método de Rickhter y Efanov no se puede utilizar para determinar M para machos y hembras, ya que invariablemente se tendrá igual estimación. (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, lo que otorga una enorme desventaja para la estimación de la mortalidad por pesca. (c) el método de Taylor (1958) supone que cuando una especie alcanza el 95% de la longitud asintótica, se puede tener una idea de la longevidad, lo que es válido sólo en determinadas circunstancias. En efecto, puede ocurrir que una especie alcance muy temprano la longitud asintótica sin que necesariamente ello signifique que la especie haya alcanzado la longevidad (Beverton, 1963). (d) El método de Alverson and Cartney, supone que la máxima biomasa de una cohorte ocurre a una fracción constante de L_{∞} , lo que no implica que el momento sea igual para machos y hembras.

Las estimaciones de M , utilizando el método combinado aparecen siendo más razonables, ya que internaliza la precisión de los diferentes métodos y los supuestos subyacentes de cada uno. Los valores recomendables para la merluza chilena, son $M=0,32$ para machos y $M= 0,18$ para hembras, con límites de confianza de 80% de (0,25-0,38) y (0,25 0,24), respectivamente.

10. CONCLUSIONES

- ◆ La comparación de la edad empleando diferentes técnicas de preparación de las muestras , no arrojó diferencias significativas, indicando con ésto que el eje longitudinal que se ha estado empleando para determinar la edad permite observar similar número de anillos que el plano transversal.
- ◆ Analizando la microestructura se pudo determinar que es posible observar microincrementos en otolitos de juveniles de merluza común de tallas entre 11 y 38 cm de longitud total.
- ◆ Tomando en cuenta el número de microincrementos observados en larvas planctónicas, los resultados de los experimentos en el laboratorio y los antecedentes sobre las larvas de otra especie del género *Merluccius*, se postula que la formación de microincrementos en los otolitos de las larvas de merluza común se realizaría diariamente, una vez consumido el vitelo.
- ◆ Aunque la periodicidad de los microincrementos de crecimiento no pudo ser validada directamente en juveniles de merluza común, es posible suponer que las estructuras presentes en la microestructura de los otolitos sagitales de juveniles corresponden a incrementos diarios basado principalmente en la similitud morfológica de estas estructuras con las que presentan otras especies del género *Merluccius*.
- ◆ Existe una relación directamente proporcional entre el diámetro de los otolitos de las larvas y la edad expresada en días después de la eclosión.

- ◆ De igual forma, en individuos juveniles y adultos, la proporción Long. Pez - Radio otolito, es modelada en una expresión lineal con una fuerte correlación ($r^2 > 0,90$).
- ◆ La edad determinada por conteo de anillos hialinos (método tradicional) desde 0 a 2 anillos es aproximadamente la misma que la determinada por el método de los incrementos diarios
- ◆ De la edad tres en adelante no hay coincidencia entre el número de microincrementos observados con microscopio óptico y los anillos observados macroestructuralmente.
- ◆ En la observación macroestructural, los anillos de mayor dificultad de observar son el primero y el segundo, observándose que desde la edad tres en adelante, son bastante regulares y con un ancho y nitidez que facilita la lectura.
- ◆ El seguimiento mensual de la formación del borde y el análisis del incremento marginal de los macroincrementos, confirman que durante un año se forma una banda opaca (de rápido crecimiento) y una banda hialina (de crecimiento lento).
- ◆ La distribución de frecuencia de los **annulis** presenta un pequeño traslape en edades jóvenes haciéndose más marcado a partir de la edad 5 en adelante, en donde las tasas de incremento se presentan cada vez menores.
- ◆ La corrección de la longitud calculada a partir del retrocálculo (Francis, 1990) entregó en promedio un factor de 0,9997 para machos y de 1,0028 para hembras.
- ◆ Los parámetros de crecimiento en longitud en base al ajuste de datos individuales están representados por las ecuaciones:

$$L_t = 52,8 \left(1 - e^{-0,36388(t+0,25606)} \right) \dots\dots machos$$

$$L_t = 69,4 \left(1 - e^{-0,19578(t+0,65765)} \right) \dots\dots hembras$$

- ◆ El proceso efectuado en base a longitudes promedios por edad, el cual permitió la comparación con estudios anteriores, arrojó parámetros de crecimiento muy similares, indicando que bajo una misma metodología de proceso las estimaciones de parámetros sí concuerdan.
- ◆ Existen diferencias estadísticamente significativas entre los estimados de los parámetros de machos y hembras.
- ◆ Se encontró que la función de crecimiento en peso está representado por las siguientes expresiones:

$$W_t = 1.244,4 \left(1 - e^{-0,26682(t+0,82176)} \right)^{2,78051} \quad , \quad \text{machos}$$

$$W_t = 4.743,6 \left(1 - e^{-0,09735(t+2,599753)} \right)^{3,06308} \quad , \quad \text{hembras}$$

- ◆ En el estudio de mortalidad se realizó un examen parasitológico que reveló que el 62,6% de los hospedadores estaba parasitado por larvas del nemátodo *Anisakis* sp, cuya abundancia osciló entre 0 y 44 parásitos.

- ◆ Tanto la prevalencia como la abundancia y la dispersión estadística de la abundancia de parásitos aumentan con la edad de las merluzas.
- ◆ Aunque se encontraron desviaciones significativas entre la distribución de frecuencias observadas de la abundancia parasitaria con respecto a las esperadas según una distribución binomial negativa, las observaciones sugieren ausencia de mortalidad de la merluza común, debida a esta parasitosis.
- ◆ Se determinó valores de la tasa instantánea de mortalidad total mediante análisis de curvas de captura por año y sexo entre 1975 y 1992, encontrando en general que el parámetro fluctúa entre valores de $0,428 - 2,280 \text{ año}^{-1}$ para machos y de $0,113 - 1,312 \text{ año}^{-1}$ para hembras.
- ◆ Se determinó valores de la tasa instantánea de mortalidad natural los cuales fluctúan, dependiendo del método, entre $0,352$ y $0,454 \text{ año}^{-1}$ para los machos; entre $0,140$ y $0,399 \text{ año}^{-1}$ para hembras y entre $0,163$ y $0,383 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos conjuntamente.
- ◆ Ninguno de los métodos empleados independientemente produjo estimaciones de M estadísticamente diferentes entre machos y hembras.
- ◆ Sólo la estimación combinada, consistente en un promedio ponderado por el inverso de la varianza, genera estimaciones de M de machos y hembras estadísticamente diferentes a un nivel de 80% de confianza.
- ◆ Las estimaciones de M utilizando el método combinado parecen ser las más razonables, ya que internalizan la precisión de los diferentes métodos y los supuestos subyacentes de cada uno. Los valores recomendables para la merluza chilena, son

$M = 0,32 \text{ año}^{-1}$ para machos y $M = 0,18 \text{ año}^{-1}$ para hembras, con límite de confianza de 80% de (0,25 - 0,38) y (0,15 - 0,24), respectivamente.

11. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Sergio Palma G. de la Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ciencias del Mar, la facilidad ofrecida para la toma de fotografías de los macroincrementos en los otolitos de merluza común ; a la Srta. Zaida Young U. Ing. Pesq. Ms. Bioestad. por permitirnos el uso de software y apoyarnos en temas de su competencia; a la Dra Beatriz Morales - Nin por su atención a nuestras consultas y finalmente al Sr . Alvaro Zabala V. por el trabajo de scanner y preparación de fotografías.

12. 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. 1971. Determinación de la edad en merluza (***Merluccius gayi***) (Guichenot, 1848), mediante la lectura de otolitos. *Bol. Cient. Inst. Fom. Pesq. Santiago. Chile* 16:49.
- Aguayo, M. & H. Robotham. 1984. Dinámica poblacional de merluza común (***Merluccius gayi gayi***) (Gadiformes-Merlucciidae). *Invest. Pesq. (Chile)* 31:17-45.
- Aguayo, M. y V. OJeda 1987. Estudios de la edad y crecimiento de merluza común (***Merluccius gayi gayi*** Guichenot, 1848) (Gadiformes - Merlucciidae). *Invest. Pesq. (Chile)* 34: 99-112.
- Aguayo, M. 1995. Biology and fisheries of Chilean hakes (*M. gayi* and *M. australis*). En: *Hake. Biology, fisheries and markets*. Alheit, J. & T. J. Pitcher (eds.), pp. 305-335. Chapman & Hall.
- Alagaraja, K. 1984. Simple method for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian J. Fish.* 31:177-208.

- Alarcón, R. & H. Arancibia. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, **Merluccius gayi gayi** (Guichenot, 1848). Cien. Tec. Mar, CONA 16:33-45.
- Allen, K.R. 1966. A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type to observed data. J. Fish. Res. Board. Can., 23(3): 163-179.
- 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.
- Alverson, D.L. & M.J. Carney. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. J.Con.int.Explor.Mer, 36:133-143.
- Arancibia, H. & L. Cubillos. 1993. Evaluación del stock de merluza común (**Merluccius gayi**) de Chile centro-sur en el período 1975-1991, por análisis de población virtual. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 21:23-41.
- Arancibia, H., R. Alarcón & L. Cubillos. 1994. Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en la VIII Región. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 8(a), 115 p.
- Bahamonde, F., G. Ojeda, B. Leiva, L. Muñoz, M. Rojas, M. Donoso, R. Céspedes y R. Gili. 1996. Informe Final. Pesca Explotatoria de raya volantín en la zona sur-austral. Requirente: SUBPESCA. Ejecutor: IFOP. 120pp.
- Balbontín, F. & W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, **Merluccius gayi gayi**, en la costa de Chile. Revista de Biología Marina 17: 285-334.

- Balbontín, F. & a. Cannobbio. 1982. Growth and survival of Chilean sardine, *Sardinops sagax*, larvae reared at different densities of food. *Revista de Biología Marina* 27: 101-112.
- Balbontín, F. & J. Butler. 1988. Formación de incrementos diarios de crecimiento en los otolitos de las larvas de la sardina del Pacífico, *Sardinops sagax musica* a diferentes temperaturas. Simposio Internacional sobre Recursos Vivos y Pesquerías en el Pacífico Sudeste, Viña del Mar, pág. 66 (libro de resúmenes).
- Bailey, K. 1982. The early life history of the Pacific hake, *Merluccius productus*. *Fishery Bulletin, U.S.* 80: 589-598.
- Barrera Oro E. y C. Bellisio. 1987. Técnicas de inclusión de otolitos en parafina y su posterior seccionamiento. Contribución N° 327. Inst. Ant. Argentino. Dir. Nac. del Antártico.
- Beamish, R. 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 E.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983.
- Bedford, B. 1983. A method for preparing sections of large number of otholiths embedded in blanck polyester resin. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 41: 4-12.
- Bernard, D. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 233-236.

- Ben Salem, M. et J. Daget. 1991. Nouvelle methode d'estimation des parametres de la croissance chez les poissons. *Cybium* 15 (2): 103-109.
- Beverton R. and Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish population. *Fish Invest.*, London (ser 2) 19: 1-533.
- Botha, L. 1971. Growth and otolith morphology of the Cape hakes **Merluccius capensis** Cast. and *M. paradoxus* Franca. *Invest. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr.*, 97: 1-32.
- Brothers, E., C. Mathews & R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adults fishes. *Fishery Bulletin* 74: 1-8.
- Caddy, F.J.. 1986. Stock assessment in data-limited situations - The experience in tropical fisheries and its possible relevance to evaluation of invertebrate resources. *In* G.S. Jamieson & N. Bourne (Eds.) *North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 92.: 379-392.
- Campana, S. & J. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1014-1032.
- Campana, S. and K. Zwanenbrug and N. Smith. 1990. $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ Determination of Longevity in Redfish. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 47:163-165.
- Campana, S. and Jones, C. 1992. Analysis of otolith microstructure data. *In* *Otolith microstructure examination and analysis*. Edited by D.K. Stevenson and Campana. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117: 73-100.

- Campana, S. M. Annad y J. Mc. Millan. 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of Age determinations. Trans. of Am. Fish. Soc. Vol 124: 131-138.
- Castillo, G., E. Aguilera, G. Herrera, P. Bernal, J. Butler, J. Chong, H. González, C. Oyarzún & C. Veloso. 1985. Larval growth rates of the Pacific sardine **Sardinops sagax** off central Chile, determined by daily ring counts in otoliths. Biología Pesquera 14: 3-10.
- Cerrato, R. 1990. Interpretable statistical test for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1416-1426.
- Crofton, H. 1971. A quantitative approach to parasitism. Parasitology 62: 179-193.
- Csirke, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Doc. Téc. Pesca (192):82 p.
- Cubillos, L. 1992. Evaluación del recurso merluza común (**Merluccius gayi**) de la zona centro-sur de Chile por Análisis de Reducción de Stock. Biología Pesquera 21:15-19
- Cubillos, L. 1994. Estimating the parameters of the stock-recruitment model of Ricker from a yield-per-recruit model in data-limited situations. Fisheries Research 20(2-3):229-242.
- Cubillos, L., P. Sobarzo & H. Arancibia. 1994. Análisis retrospectivo de la evaluación de merluza común (**Merluccius gayi**) utilizando análisis secuencial de la población sintonizado. Biología Pesquera 23:19-30.

-
- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1208-1210.
- Chilton, D. and R. Beamish. 1982. Age determination methods for fishes studies by the groundfish. Program at the Pacific Biological Station. *Can. Pacific. Fish. Aquat. Sci.* 60:102 p.
- Chen Y.,A. Jackson and H. Harvey. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 49: 1228-1235.
- Christensen, J. 1964. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, 29(1): 73-81.
- Dannevig, A. 1933. On the age growth of cod (**Gadus callarias L**) from the Norwegians Skagerrack Coast. *Rep. Norw. Fish and Mar. Inv.* 4 (1): 145 p.
- Dark, T. 1975. Age and growth of Pacific hake. **Merluccius productus**. *Fish. Bull.*, 73 (2).
- Degens, E.T., W.G. Deuser and R.L. Haedrich, 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. *Marine Biology* 2: 105-113.
- Des Clers, S. 1991. Functional relationship between sealworm (*Pseudoterranova decipiens*, Nematoda, Ascaridoidea) burden and host size in Atlantic cod (**Gadus morhua**). *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 245, 85-89.

Dioses, T. 1985. Edad y crecimiento de la **Merluccius gayi peruanus** (G). Anales Congreso Nacional de Biología Pesquera. Ed. Alvaro E. Tesierra Aguilar. Trujillo-Peru pp. 65-69.

Draper, N. & H. Smith. 1981. Applied regression. New York: John Wiley

Efron, B. 1982. The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. SIAM Monograph N° 38.

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

Elliot, J. 1971. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biological Association of Scientific Publications N° 25. 144p.

FAO. 1981. Technical consultation on methodologies used for fish age - reading. FAO Fisheries Report N° 257 Montpellier, 5-9 october.

FAO. 1982. Métodos de recolección y análisis de datos de talla y edad para la evaluación de poblaciones de peces. FAO. Circ. Pesca (736): 101 p.

Fenton, G; D. Ritz and A. Short 1990. $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$. Disequilibria in otoliths of blue grenadier, **Macrorunus novaezelandiae**; problems associated with radiometric ageing. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 41:467-73.

- Fenton, G; S. Short and D. Ritz. 1991. Age determination of orange roughy, **Hoplostethus atlanticus** (Pisces: Trachichthyidae) using $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ disequilibria. Marine Biology 109:197-202.
- Fischer, W. 1959. Huevos, crías y prelarvas de la merluza (**Merluccius gayi** Guichenot). Revista de Biología Marina 9: 229- 249 + 3 láminas.
- Francis, 1990. Back - calculation of fish length: a critical review J. Fish. Biol. 36: 883 - 902.
- Furet, L. 1982. Ciclo reproductivo de **Merluccius gayi** (Guichenot, 1848) mediante estudio histológico de las gónadas. Tesis Licenciado en Biología Marina, Universidad de Concepción, 32 p.
- Gallucci, V. and T. Quinn. 1979. Reparameterizing, fitting and testing a simple growth model. Trans. of the Am. fish. Soc. 108: 14-25.
- Garland, D. 1985. Alimentación crecimiento diario y edad en **Doydixodon laevifrons** (Tschudi 1845) (Pisces: Kyphosidae). Tesis de prueba para optar al grado de Licenciado en Biología, Universidad de Chile, 291 p.
- Garland, D. 1987. Recopilación de antecedentes sobre estudios de edad y crecimiento en peces basados en la microestructura de sus otolitos. En: Manejo y Desarrollo Pesquero, P Arana (Editor), págs. 151-166. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- Garland, D. 1989. Edad y crecimiento de larvas de sardina española **Sardinops sagax musica** en el norte de Chile. Informe final del convenio entre la Universidad

- Arturo Prat y las Sociedades Pesqueras Coloso S. A. y Guanaye Ltda en conjunto con el Complejo Pesquero Indo-Eperva.
- Garland, D. 1990. Crecimiento y mortalidad de larvas de anchoveta (**Engraulis ringens**) en el norte de Chile. Informe final del convenio entre la Universidad Arturo Prat y las Sociedades Pesqueras Coloso S. A. y Guanaye Ltda en conjunto con el Complejo Pesquero Indo-Eperva.
- Garland, D. 1990 Determinación de los parámetros de crecimiento en longitud del modelo de von Bertalanffy de los principales recursos ícticos no tradicionales en la I Región de Chile. En: W. Palma (Ed.) Aplicación de nuevas tecnologías para la captura de especies de recursos hidrobiológicos no tradicionales en la I Región de Chile. Informe Final UNAP-PNUD.
- Garland, D. 1991 Determinación de la edad y el crecimiento en **Doydixodon laevifrons** (Tschudi, 1845) (Pisces: Kyphosidae), utilizando incrementos diarios en sus otolitos. Revista de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Arturo Prat: serie, Ciencias del Mar 1:97-110.
- Garland, D. 1993 Daily growth increments: a tool for validating annulis in sagittal otoliths in Chilean sardine (**Sardinops sagax**). Otoliths Symposium. South Caroline, September 1993.
- Geffen, A. 1983. the deposition of otolith rings in Atlantic salmon, **Salmo salar** L., embryos. Journal of Fish Biology 23: 467-474.

- George-Nascimento, M. 1996. Populations and assemblages of metazoan parasites in the hake *Merluccius gayi* from the Southeastern Pacific Ocean: stock implications. *Journal of Fish Biology* 48: 557-568.
- Gulland, J. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces FAO.
- Hansen J., H. Cordon y D. Hernández. 1993. COMPALEN, un programa BASIC para la comparación de curvas de crecimiento del tipo Von Bertalanffy. Frente marítimo Vol 14, sec. A: 41-48.
- Hartley, H. 1961. The modified Gauss-Newton method for the fitting of nonlinear regression functions by least squares. *Technometrics* 3(2): 269-280.
- Herrera, G., E. Aguilera, G. Castillo & P. Bernal. 1985. Growth of anchovy larvae ***Engraulis ringens*** in central Chile, determined by daily increments counts in otoliths. *Biología Pesquera* 14: 11-15.
- Hilborn, R. and C.J. Walter. 1992. Quantitative fisheries stock assessments: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, NY, 570 p.
- Hill, K. and C. Womersley. 1991. Critical aspects of fluorescent age-pigment methodologies: modification for accurate analysis and age assessments in aquatic organisms. *Marine Biology* 109:1-11.
- Hoening, J. M. Morgan, and C. Brown. 1995. Analysing differences between two age determination methods by tests of symmetry. *Can. fish. Aquat. Sci.* 52: 364-368.

- Hunter, J. 1984. Synopsis of culture methods for marine fish larvae. En: Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication Number 1, págs. 24-27.
- ICSEAF. 1983. Guía de ICSEAF para la Interpretación de Otolitos N° Merluza. Comisión Internacional de Pesquerías del Atlántico Sur - Oriental.
- IFOP, 1985. Manual de muestreo biológico-pesquero. Pesquería de Peces Demersales (Centro-sur).
- Kimura, D. and J. Lyons. 1991. Between-reader bias and variability in the age-determination process. Fish. Bull. 89 (1): 53-60.
- Kiorbe, T. 1989. Growth in fish larvae: are they particularly efficient? Rapport et Procès-verbaux des Réunions Conseil International pour l'Exploration de la Mer 191: 383-389.
- Kuronuma, K. & K. Fukusho. 1984. Rearing of marine fish larvae in Japan. International Development Research Centre, Canada, 109 págs.
- Lester, R. J. 1984. A review of methods for estimating mortality due to parasites in wild fish populations. Helgolander Meeresuntersuchungen 37:53-644.
- Miranda, O. 1978. Líneas de crecimiento en algunos organismos marinos. Tesis de prueba para Doctorado. Univ. de Puerto Rico, Mayaguez. 213 p.

- Miranda, O. 1981. Daily lines of growth as components of the spawning bands in the otoliths in a tropical fish (**Sparisoma aurofrenatum**), Cuvier and Valenciennes, 1839). *Revista de Biología Marina* 17: 253 - 265.
- Morales-Nin, B. 1980. Incrementos de crecimiento diario en las saggitas de **merluccius paradoxus** da Franca. *Investigación Pesquera, Barcelona* 44: 305-312.
- Morales-Nin, B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Tec. de Inv. Pesq.* N° 143, 28 pp
- Morales-Nin, B. y S. Ralston. 1990. Age and growth of **Lutjanus kasmira** (Forsk.) in Hawaii waters. *J. Fish. Biol.* 36: 191-03.
- Morales-Nin, B. 1992. Determination of growth in bony fishes from otolith microestructura. *Fish. Tech. Paper* 322: 51 p.
- Ogawa K & M Fukudome. 1994. Mass mortality caused by blood fluke (Paradeontacylix) among Amberjack (*Seriola dumerili*) imported to Japan. *Fish Pathology* 29: 265-269.
- Ojeda, V. y M. Aguayo, 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (**Merluccius australis**)(Gadiformes-Merlucciidae). *Invest. Pesq. (Chile)* 33:47-59.
- Otero, H. 1977. Edad y crecimiento de la merluza (*Merluccius merluccius hubbsi*). *Physis* 36(92): 41-58.

- Pannella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173: 1124 - 1127.
- Pannella, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: *The proceedings of an international Symposium on the ageing of fish*. T.B. Bagenal (Ed.). Unwin Brothers, Surrey. Engl. 28 - 39.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J.Cons.int.Explor.Mer* 39(2):175-192.
- Payá, I.; J. Sateler, J.M. Donoso & S. Mora. 1992. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1991. *Pesquerías demersales, peces. Zona centro-sur. Estado de situación y perspectivas del recurso (SGI-IFOP 92/3)*. Corporación de Fomento de la Producción/Instituto de Fomento Pesquero, 52 p.
- Payá, I.; J. Sateler, J.M. Donoso & S. Mora. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1992. *Pesquerías demersales, peces. Zona centro-sur. Estado de situación y perspectivas del recurso (SGI-IFOP 93/2)*. Corporación de Fomento de la Producción/Instituto de Fomento Pesquero, 41 p.
- Poulsen, E. 1952. Informe al Gobierno de Chile sobre investigaciones acerca de los peces alimenticios de Chile con referencia especial a la merluza. Informe FAO/ETAP 46: 1-78.
- Prager, M., S. Saila and C. Recksiek. 1987. FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. *Tech. Rep. 87-10*: 1-37.

- Rao, C. 1973. Linear statistical inference and its application. John Wiley and Sons, New York, N.Y. USA:
- Ratkowsky, D. 1983. Nonlinear regression modelling. Marcel Dekker, Inc. New York, N.Y. 276p.
- Renzi, M. y M. Pérez: 1992. Un criterio para la determinación de la edad en juveniles de Merluza (**Merluccius hubbsi**) mediante la lectura de otolitos. Frente Marítimo Vol. 11, Sec A: 15 - 31.
- Ricker, W.E. 1973. Linear regression in fishery research. J. Fish. Res. Bd. Can. 30: 409-434.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board. Can. 191, 382 p.
- Rikther, V.A. & V.N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res.Doc., 76/VI/8:12 p.
- 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.
- Siegfried, R. and M. Weinstein. 1989. Validation of daily increment deposition in the otoliths of spot (**Leiostomus xanthurus**). Estuaries 12: 180 - 185.
- Sparre P. y S. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1 - Manual. FAO DOC. Téc. de Pesca 306/1.

- Stevens, W. 1951. Asymptotic regression. *Biometrics* 7: 247-267.
- Taubert, B.D. and J.A. Tranquilli. 1982. Verification of the formation of annuli in otoliths of largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society* 111: 531 - 534.
- Taylor, C. 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 23 (3): 366 - 370.
- Taylor, C. 1959. Temperature and growth. The Pacific razor clam. *J. Cons. int. Explo. Mer.*, 25: 93 - 101.
- Taylor, C.C. 1960. Temperature, growth and mortality, the Pacific cockle. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 26:117-124.
- Theilacker, G. & K. Dorsey. 1980. Larval fish diversity, a summary of laboratory and field research. En: Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. Intergovernmental Oceanographic Commission, Workshop Report N° 28, págs. 105-142.
- Tomlinson, P. y N. Abramson. 1961. Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. *Calif Dpt. Fish Game, Fish. Bul.* 116: 1-69.
- Turner, M., R. Monroe and H. Lucas. 1961. Generalized asymptotic regression and non-linear path analysis. *Biometrics* 17: 120-143.

-
- Tsuji, S. and T. Aoyama. 1984. Daily growth increments in otoliths of Japanese anchovy larvae **Engraulis japonica**. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 50: 1105 - 1108.
- Victor, B.C. and E.B. Brothers. 1982. Age and growth of the fallfish **Senotilus corporalis** with daily increments as a method of annulus verification. Canadian Journal of Zoology 60: 2543 - 2550.
- Williams, H.H. & A. Jones. 1994. Parasitic worms of fish. Francis & Taylor, London.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 405 p.

FIGURAS

CARA EXTERNA

LADO DORSAL

SURCO ACÚSTICO

CAUDA

ROSTRO

ANILLOS ANUALES

r_1

r_2

R

LADO VENTRAL

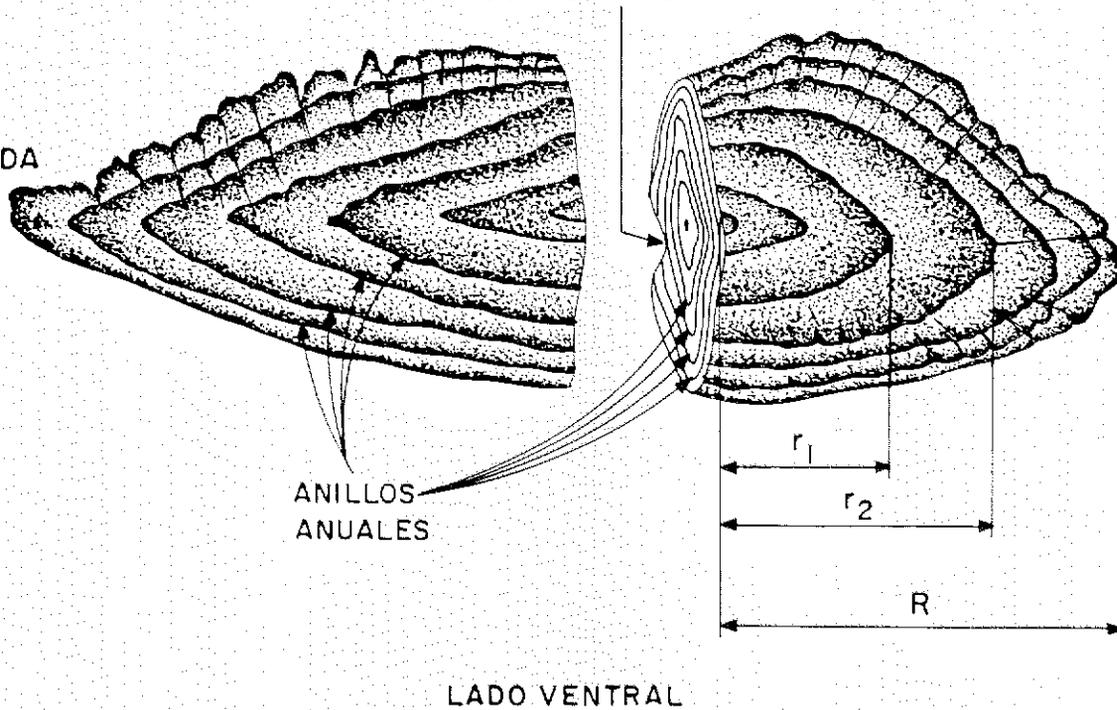
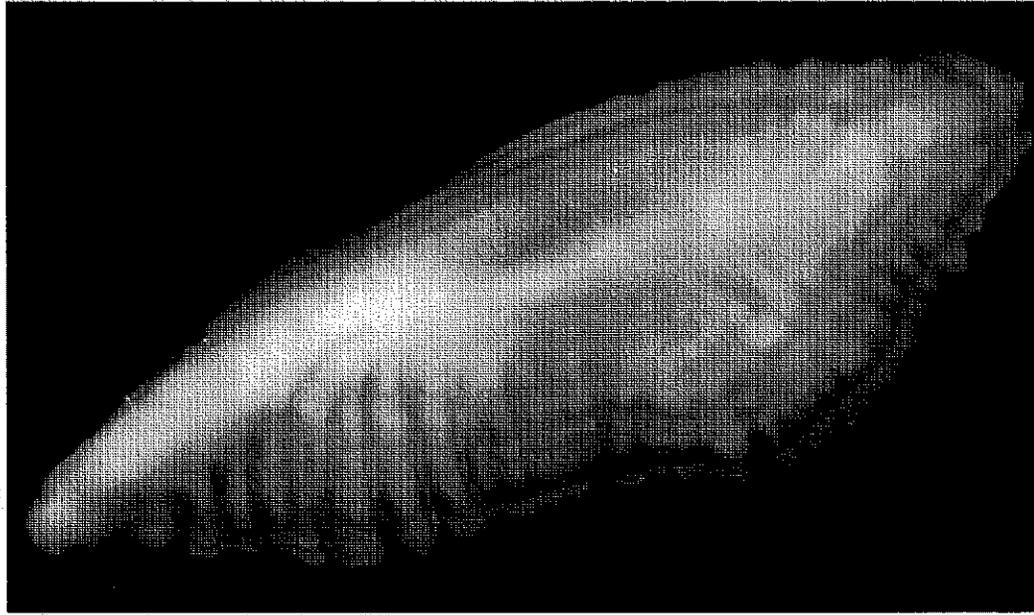


FIGURA 1 Diagrama de un otolito de merluza común *Merluccius gayi gayi*.



a)



b)

Fig. 2 Vista de la cara externa de otolito izquierdo Hidratado de merluza común *Merluccius gayi gayi*.
a) Cuatro años (largo total otolito 172 dmo)
b) Diez años (largo total otolito 212 dmo).

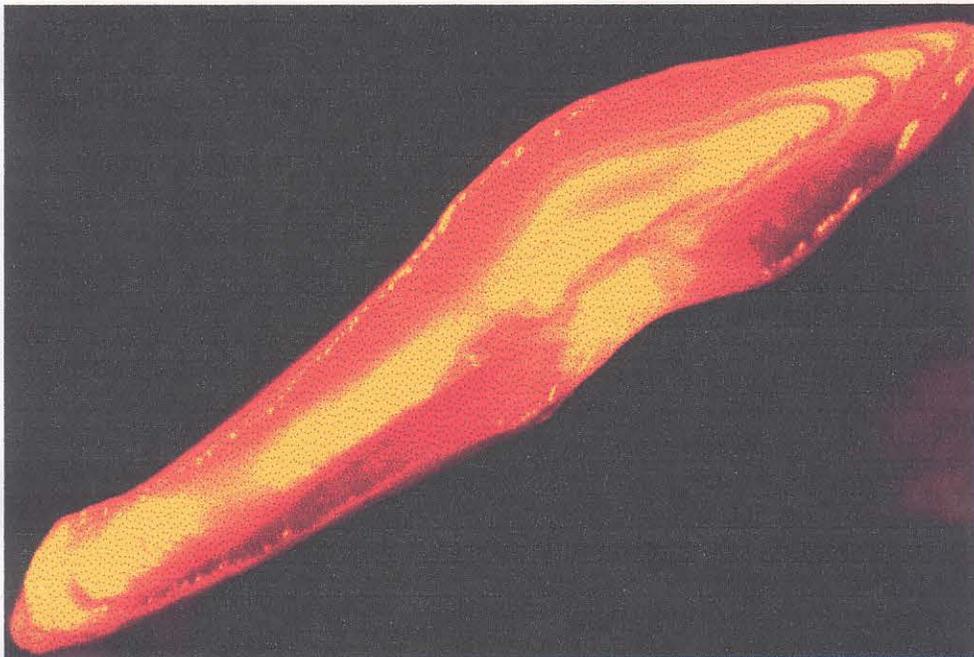
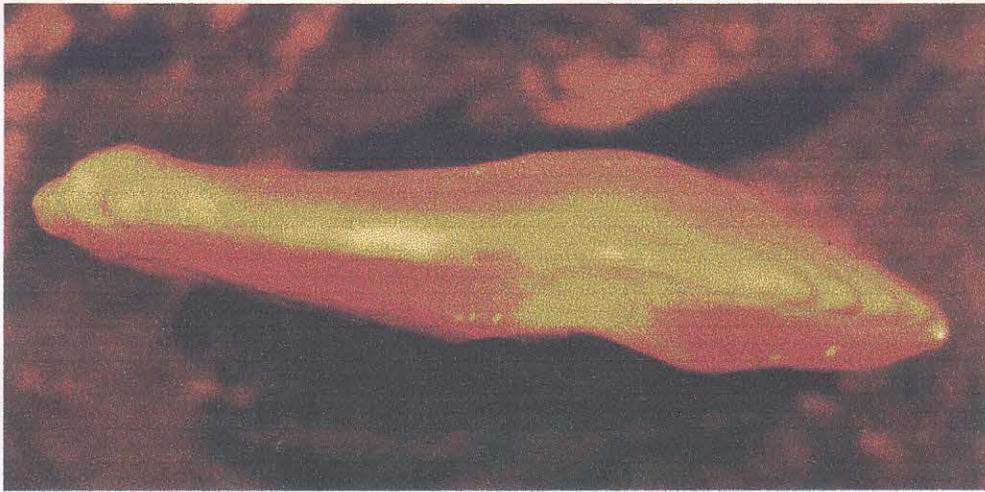


Fig. 3 Vista de sección del otolito derecho con preparación SPT del pez de cuatro años de edad, bajo dos diferentes acercamientos.
(largo total de la sección 64 dmo)

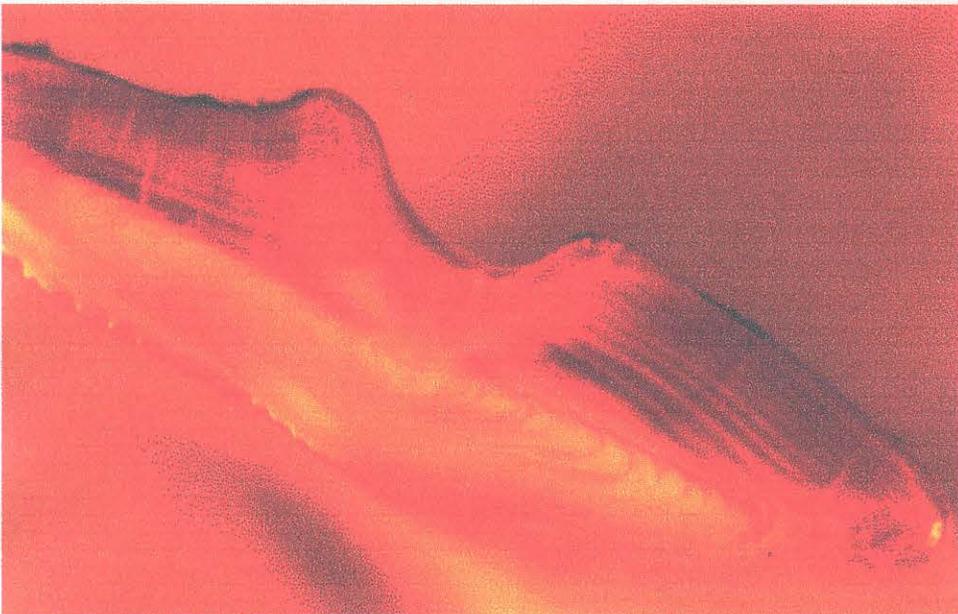
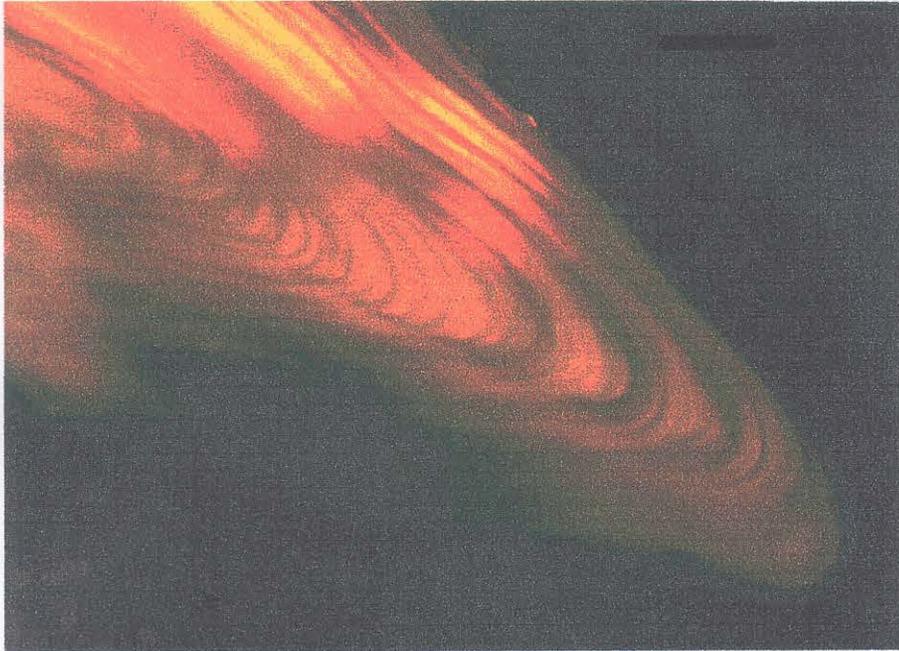


Fig. 4 Vista de sección del otolito derecho con preparación SPT, del pez de diez años de edad, bajo dos diferentes acercamientos. (largo total de la sección 72 dmo).

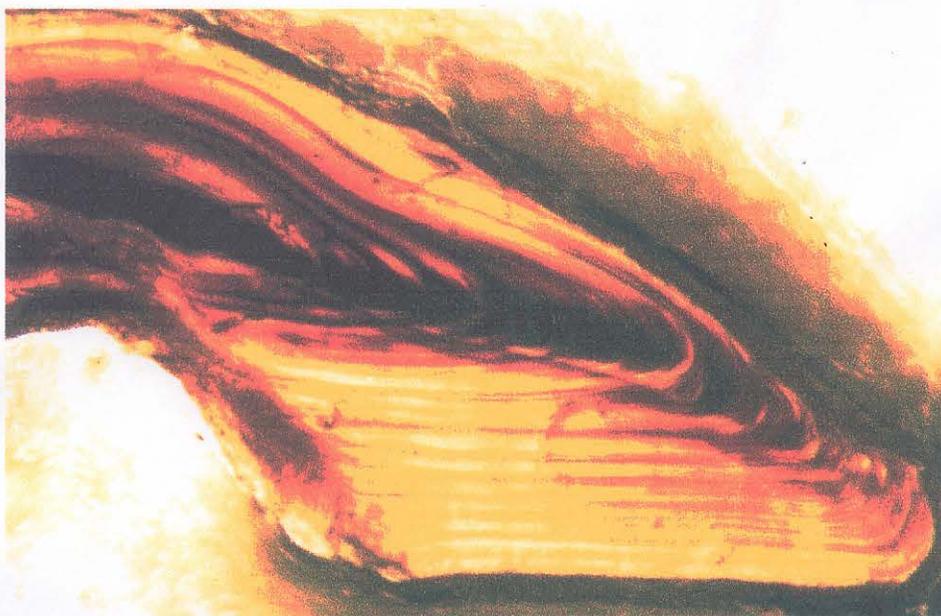


a)

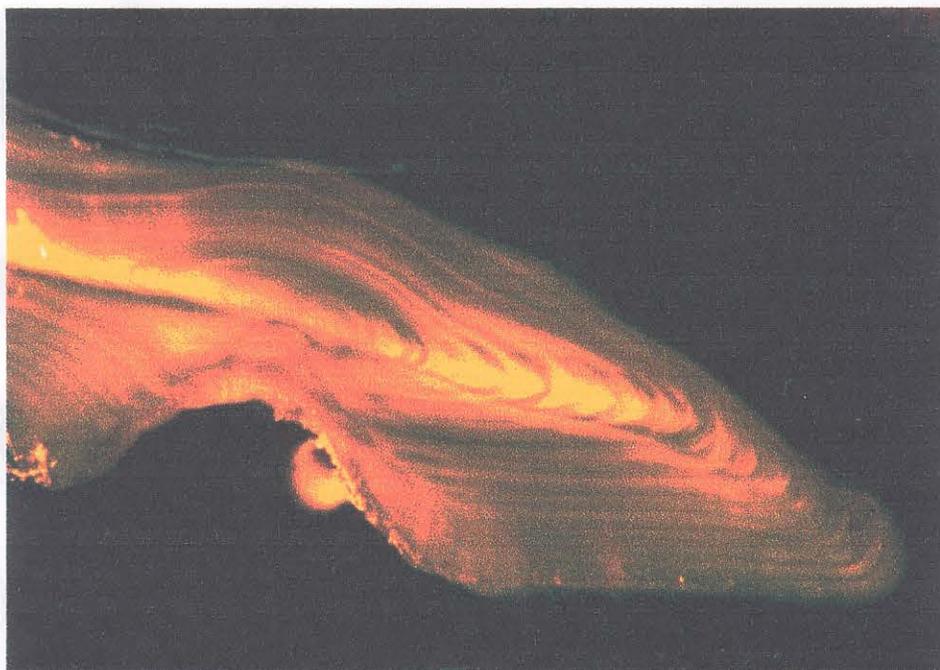


b)

Fig. 5 Lonja central del otolito derecho del pez de cuatro años en diferentes aumentos a) Solo con luz reflejada. b) Con iluminación reflejada y transmitida pero con fondo relativamente oscuro. (largo total de la lonja 64 dmo)



a)



b)

Fig. 6 Lonja central del otolito de diez años en diferentes aumentos. a) Con fondo transparente y luz transmitida
b) Con luz reflejada y con fondo oscuro.
(largo total de la lonja 72 dmo)

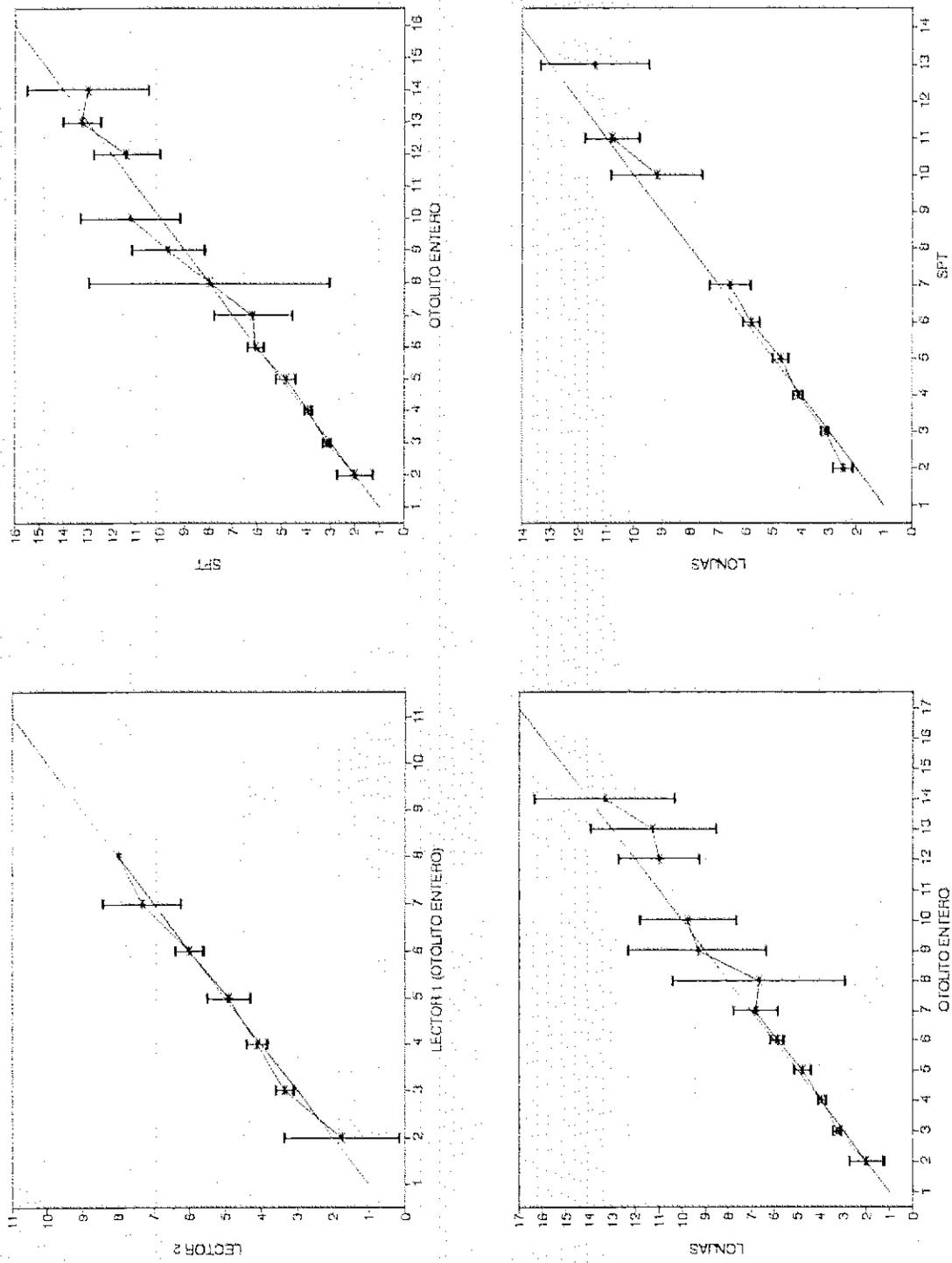


Fig. 7 Comparación entre las determinaciones de edad sobre diferentes muestras. La barra vertical representa el intervalo de 95% alrededor de la media.

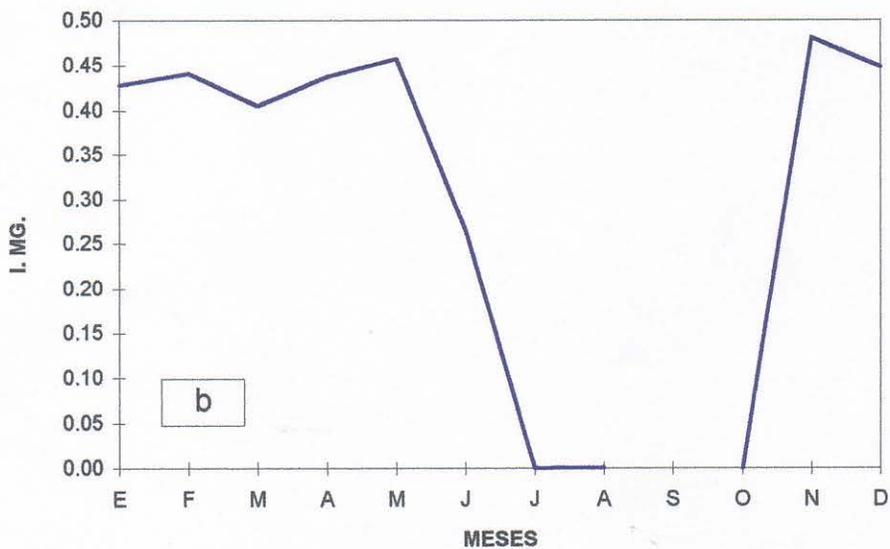
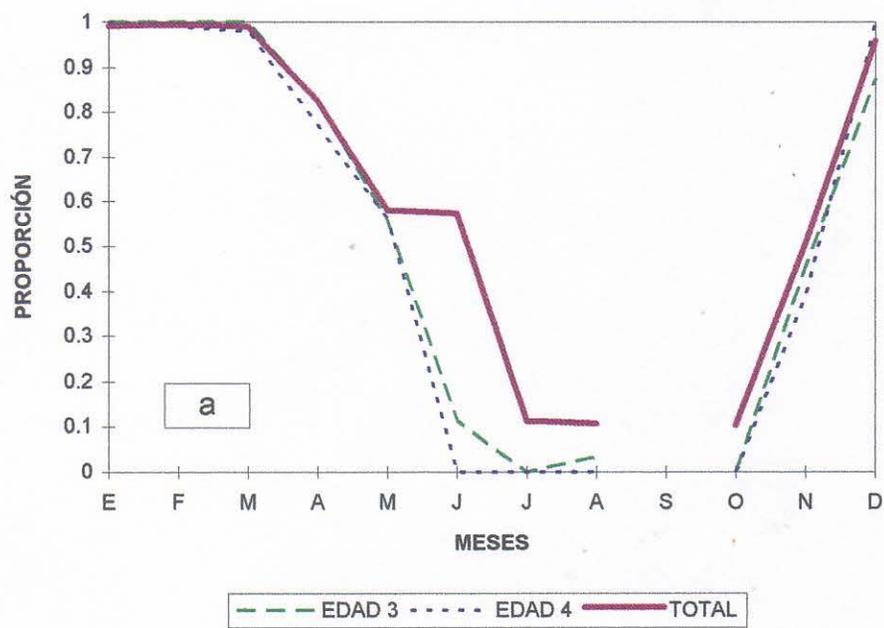


Fig.8 Distribución de proporción de bordes, para peces con 3 y 4 años y para el total de las edades (a) y valor del incremento marginal (b), durante 1996.

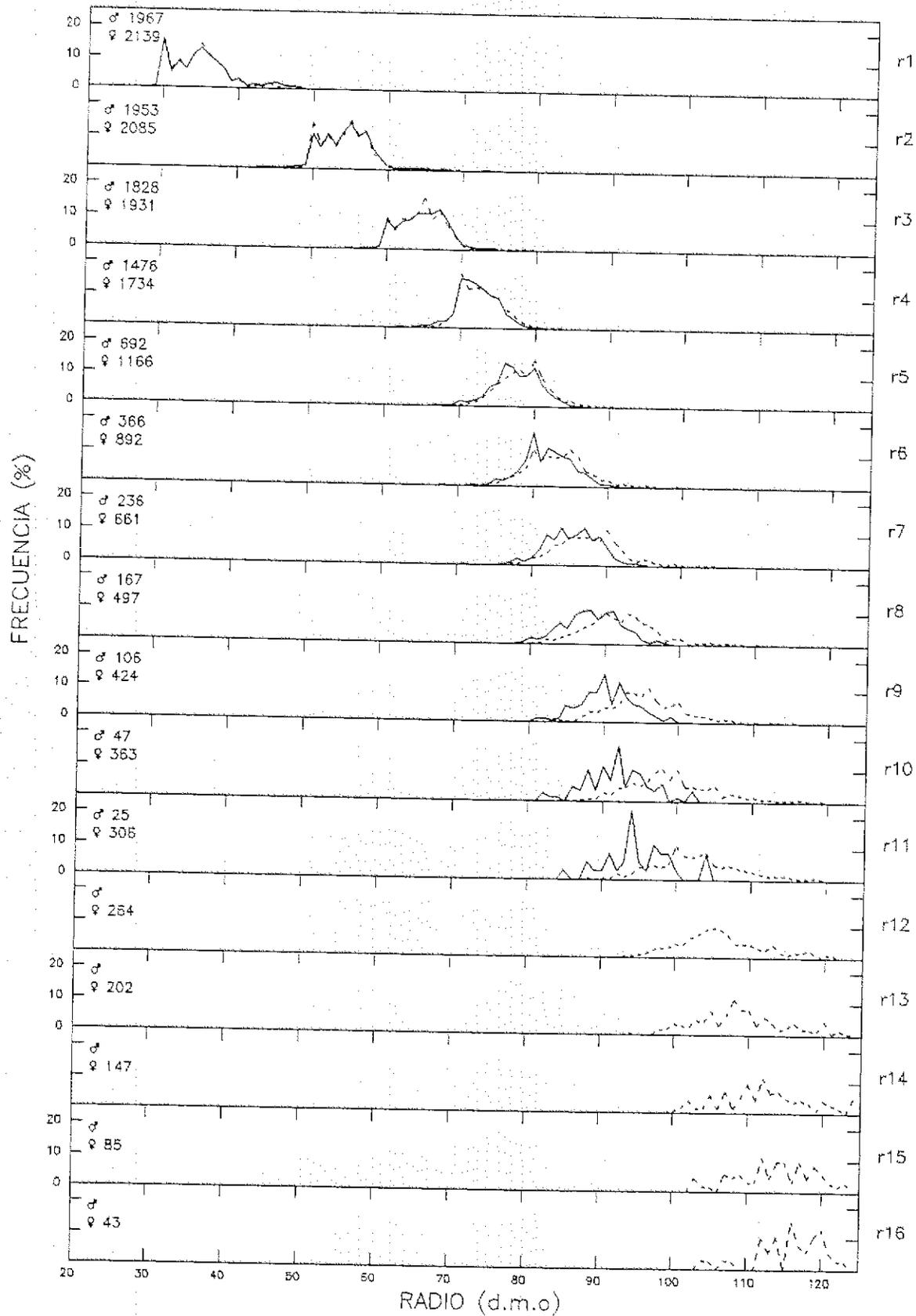


Fig.9 Distribución de frecuencia (%) de los radios por annulis en los otolitos de merluza común machos (línea continua) y hembras (línea punteada).



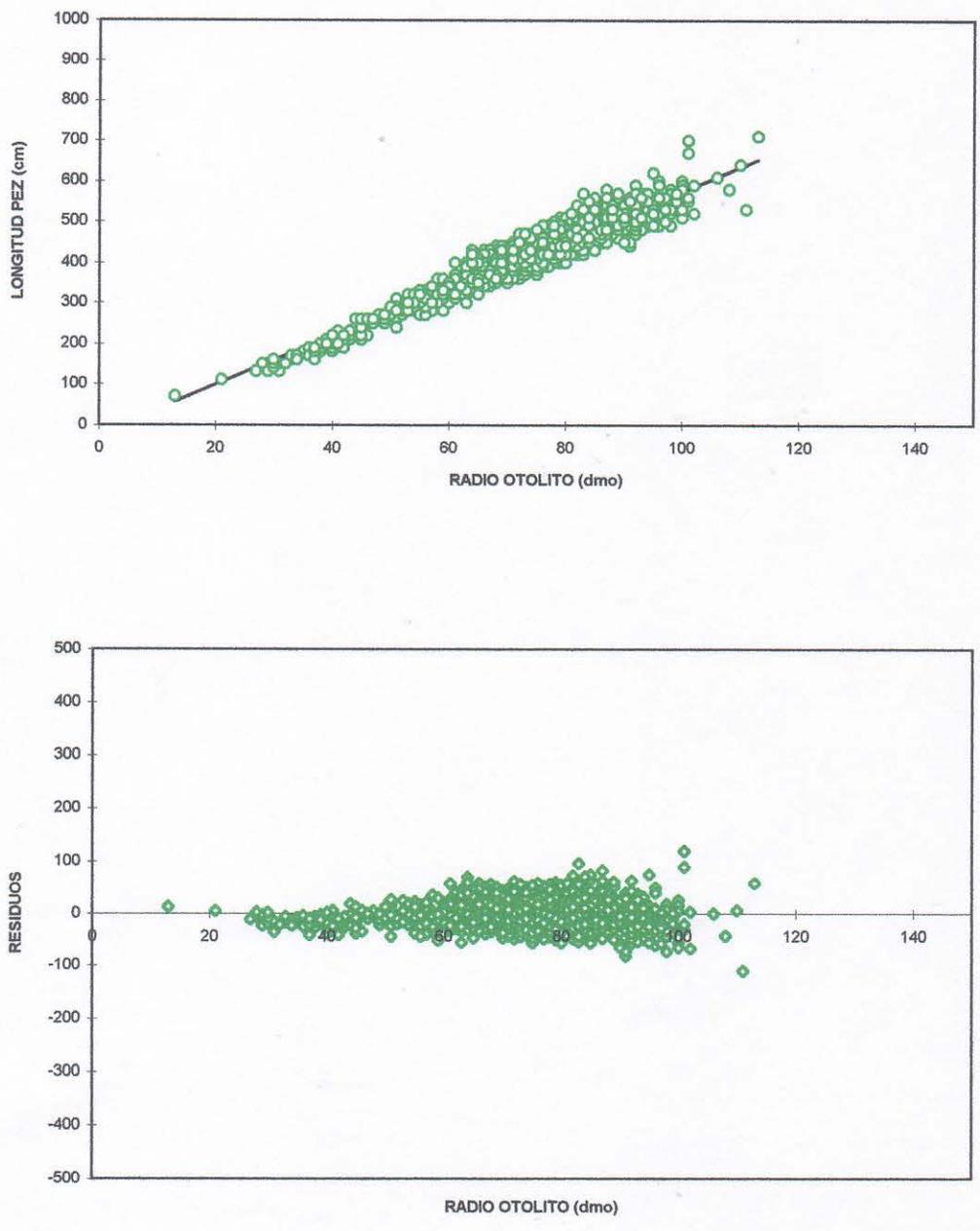


Fig. 10 Dispersión de los datos de longitud pez - Radio del otolito y de sus residuos para merluza común machos

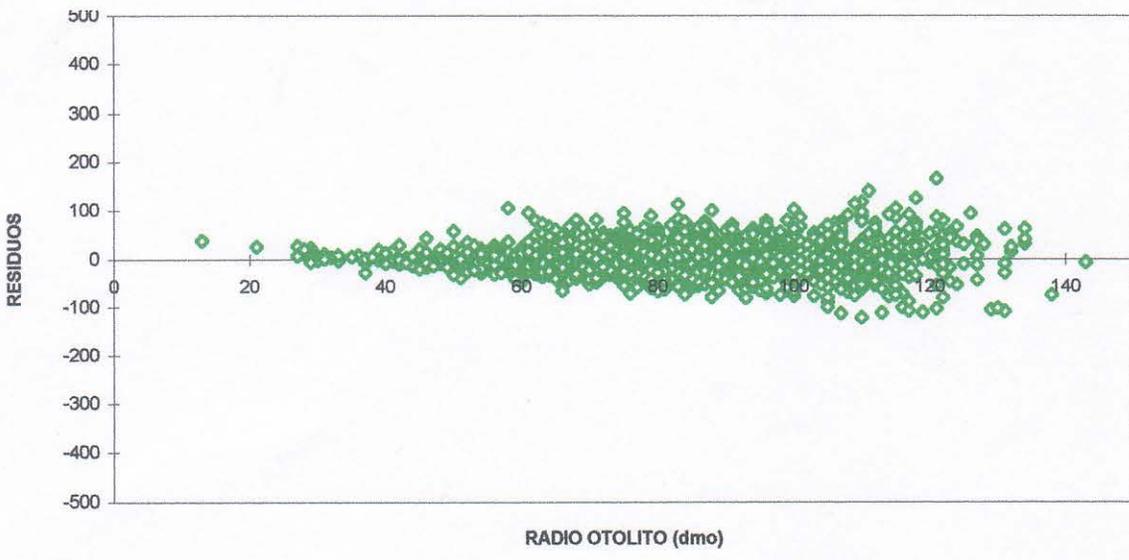
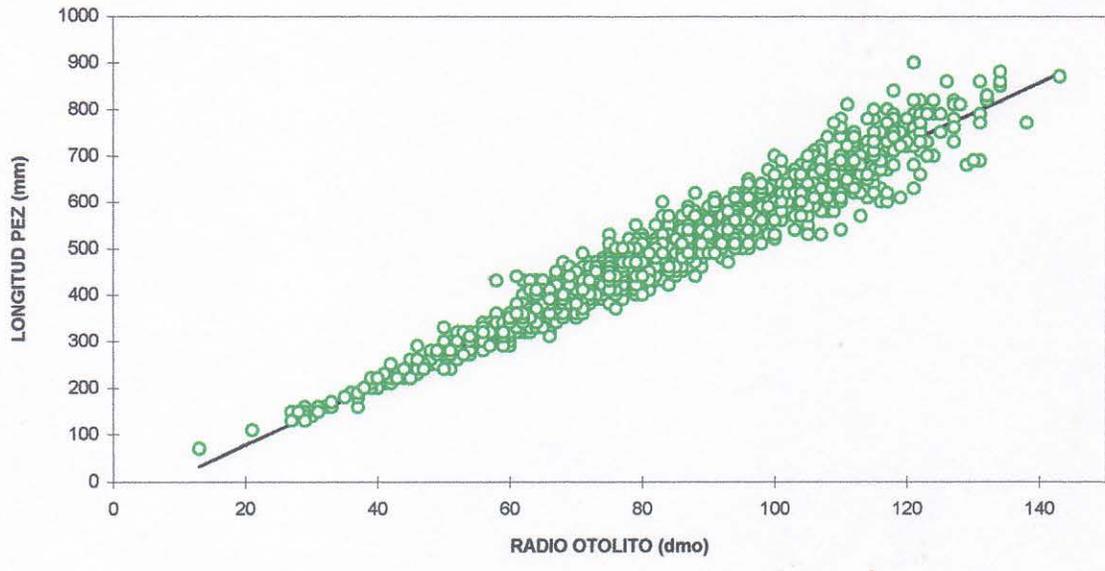


Fig. 11 Dispersión de los datos de longitud pez - Radio del otolito y de sus residuos para merluza común hembras

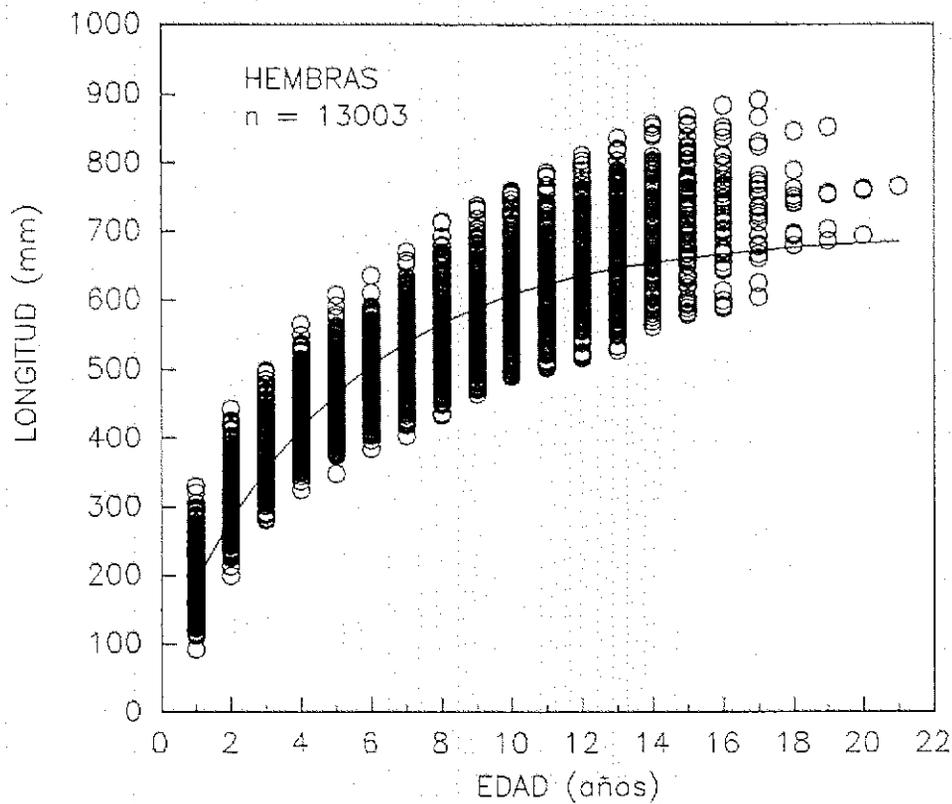
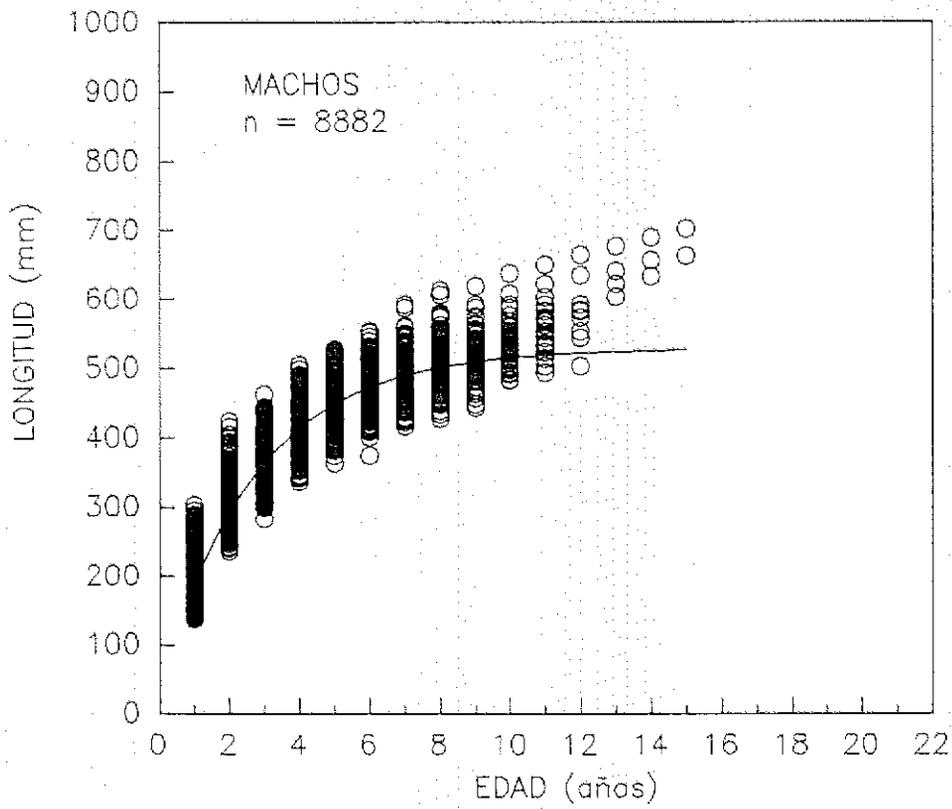


Fig. 12 Dispersión natural de las longitudes estimados de merluza común para cada edad y curva ajustada.

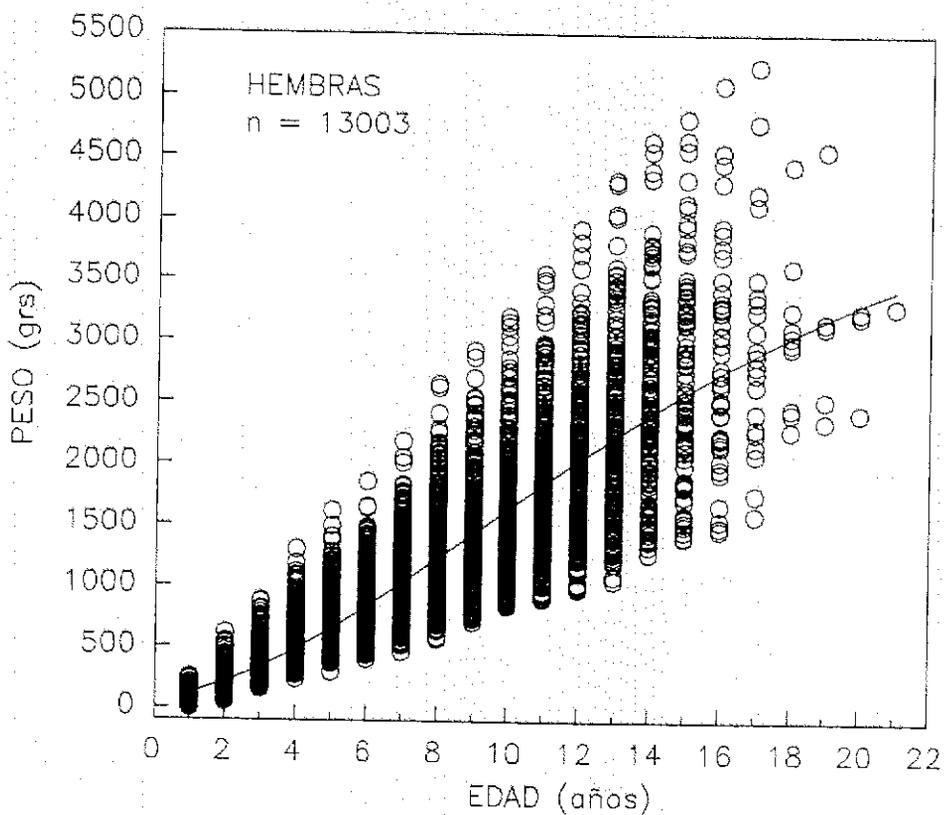
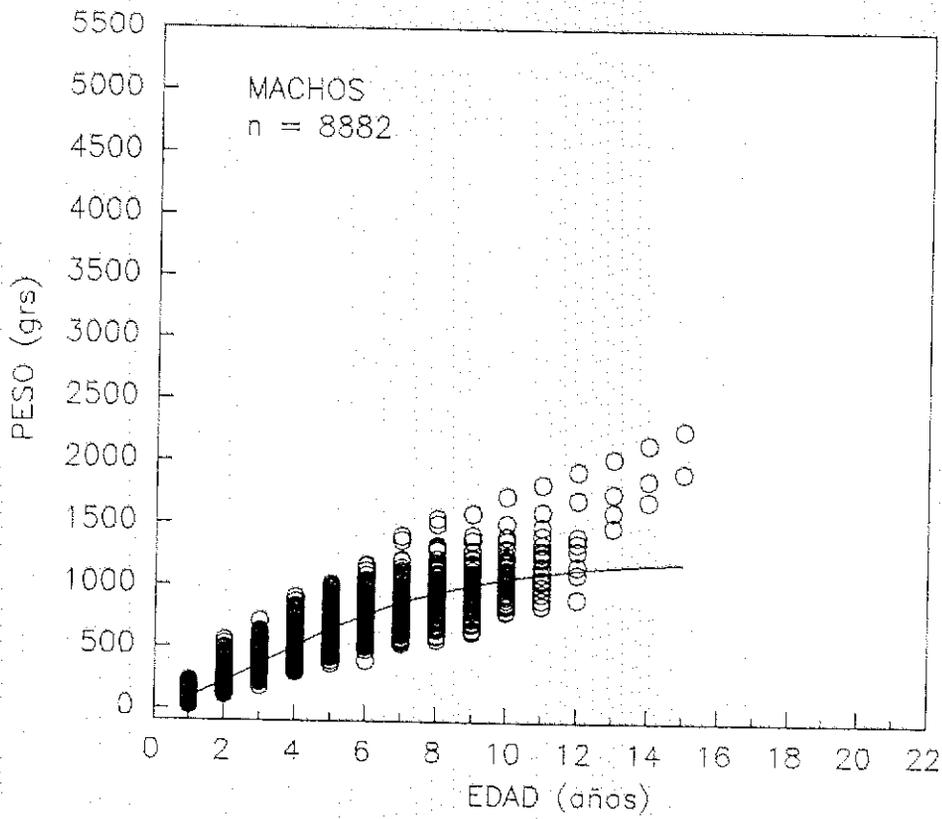


Fig. 13. Dispersión natural de los pesos estimados de merluza común para cada edad y curva ajustada.

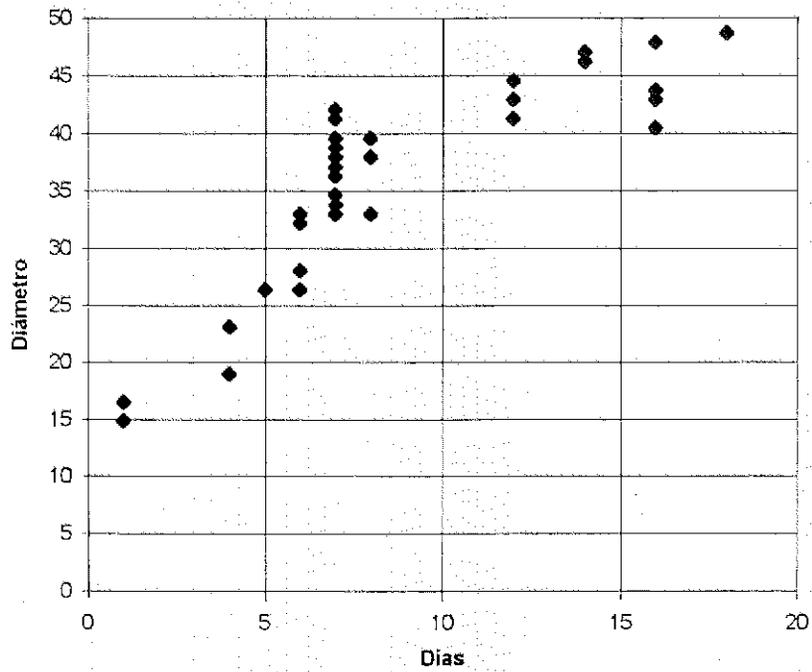


Fig. 14 Relación entre el diámetro de los otolitos, expresado en micrómetros, y la edad en días después de la eclosión, en larvas de merluza común **Merluccius gayi gayi** criadas en el laboratorio.

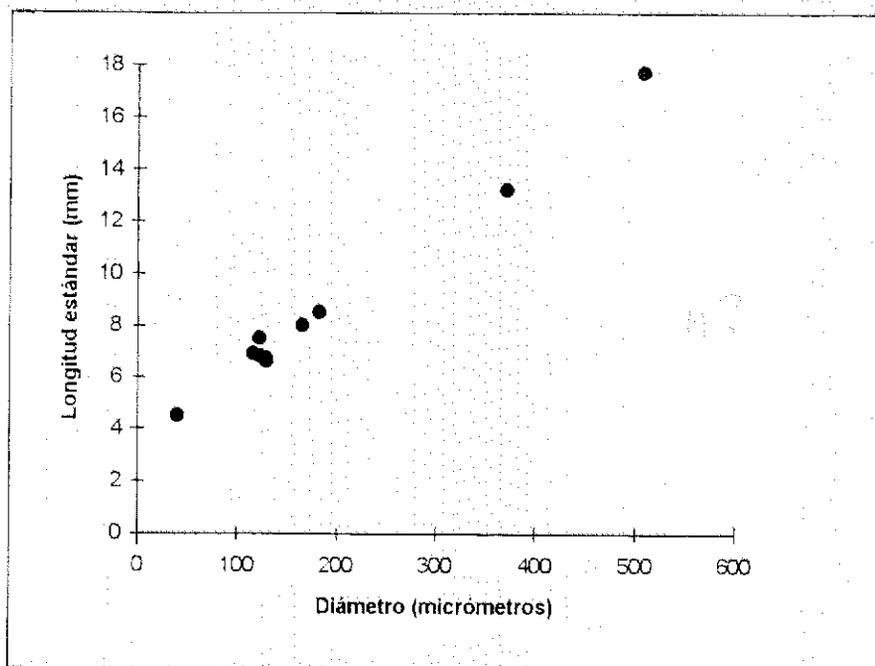


Fig. 15 Relación entre el diámetro de los otolitos expresado en micrómetros, y la longitud estándar en mm, en larvas planctónicas de merluza común **Merluccius gayi gayi**.

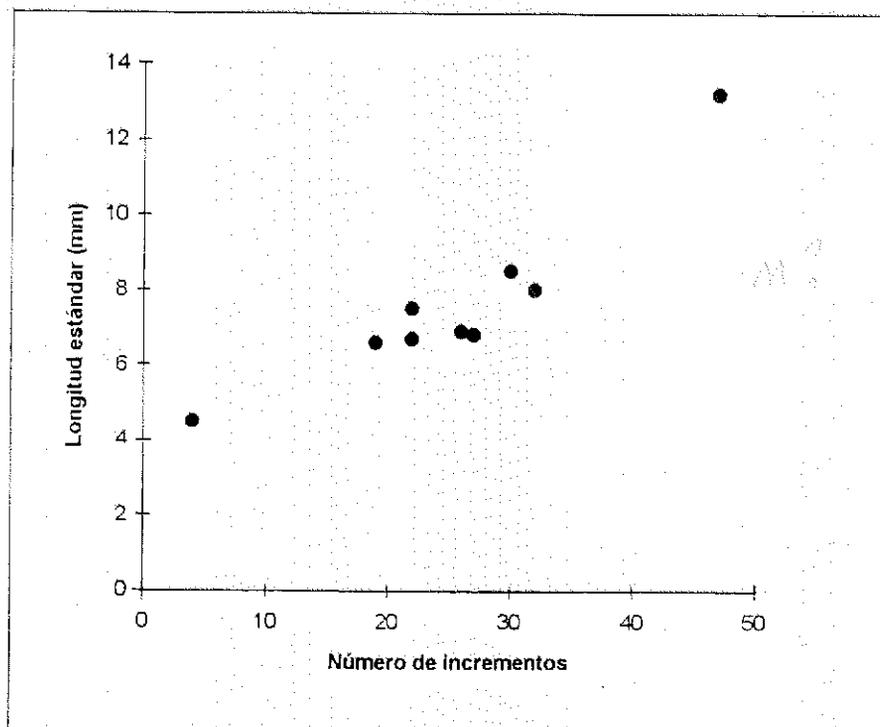
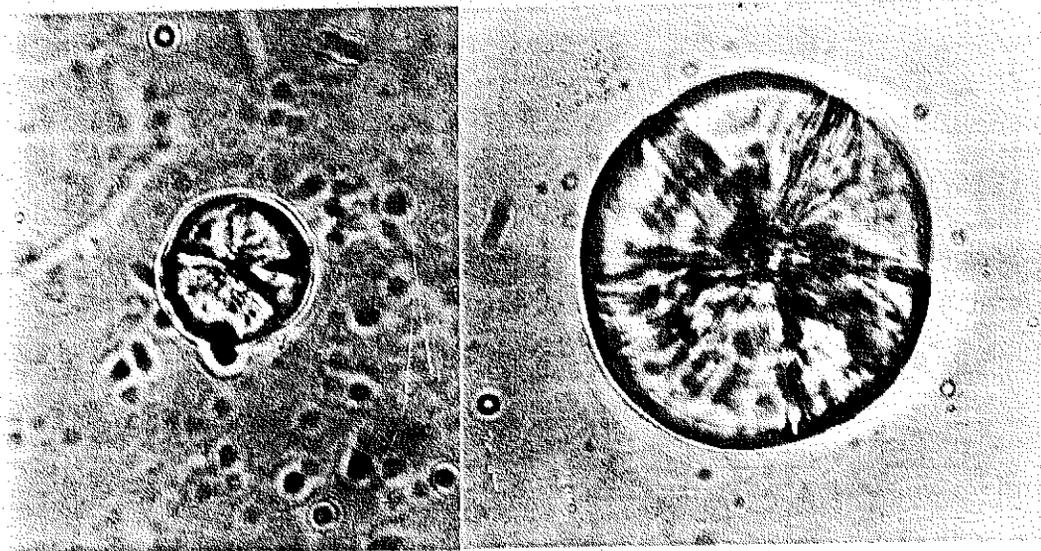


Fig. 16 Relación entre el número de microincrementos de crecimiento en otolitos sagitales y la longitud estándar en mm, en larvas planctónicas de merluza común **Merluccius gayi gayi**.



a

b

Fig. 17 Observación al microscopio con aumento 1250x de otolitos de larvas de merluza común **Merluccius gayi gayi** criadas en el laboratorio. (a) Otolito de 19 μm de diámetro de una larva de 4 días desde la eclosión; (b) Otolito de 49 μm de diámetro de una larva de 18 días desde la eclosión.

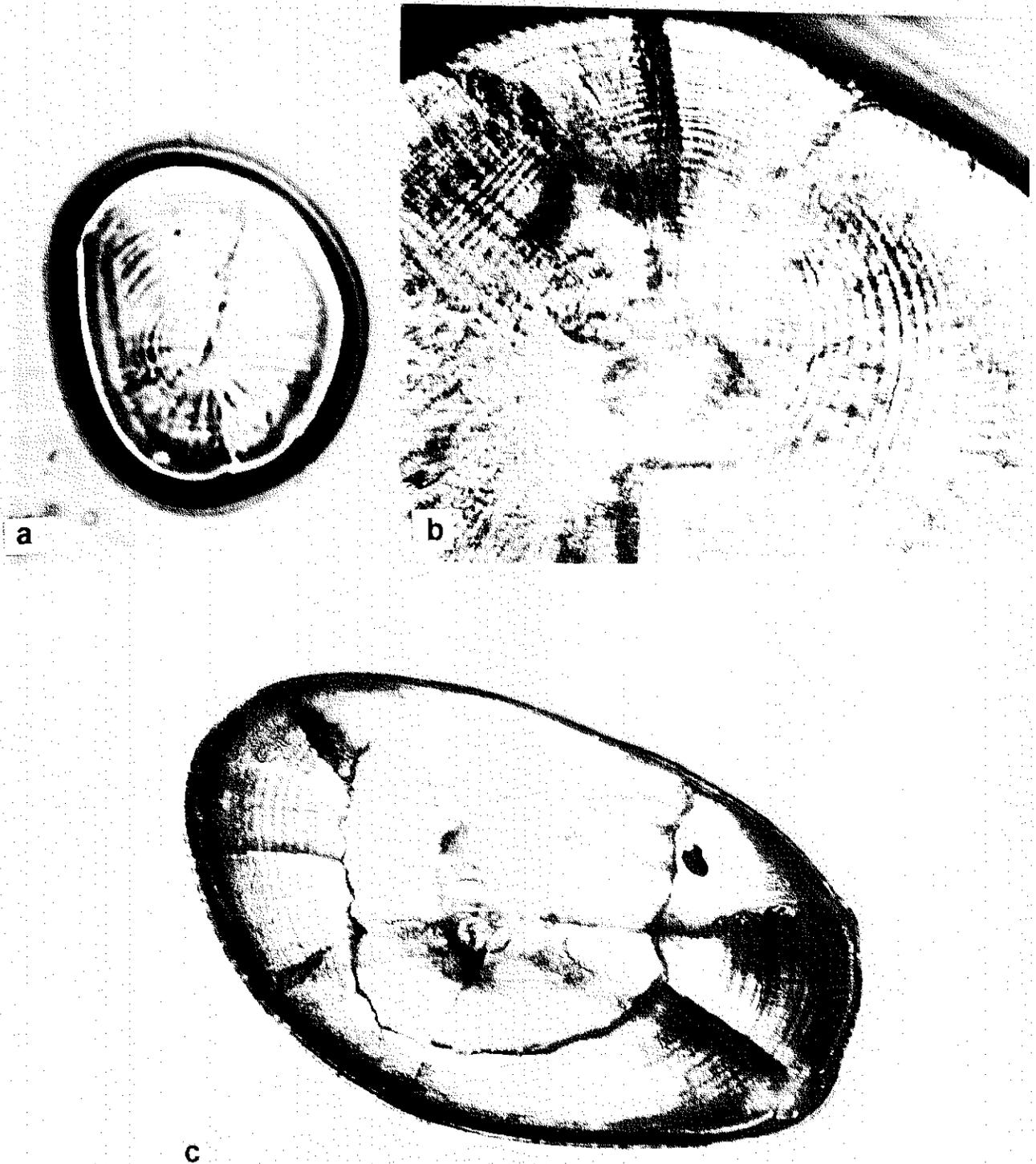


Fig. 18 Observación al microscopio de otolitos de larvas planctónicas de merluza común **Merluccius gayi gayi**. a) Larva de 6,8 mm LS y otolito de 122 μm de diámetro (aumento 500x); b) Larva de 13,2 mm LS y otolito de 371 μm de diámetro (aumento 500x); c) Larva de 17,7 mm LS y otolito de 507 μm de longitud (aumento 250x).

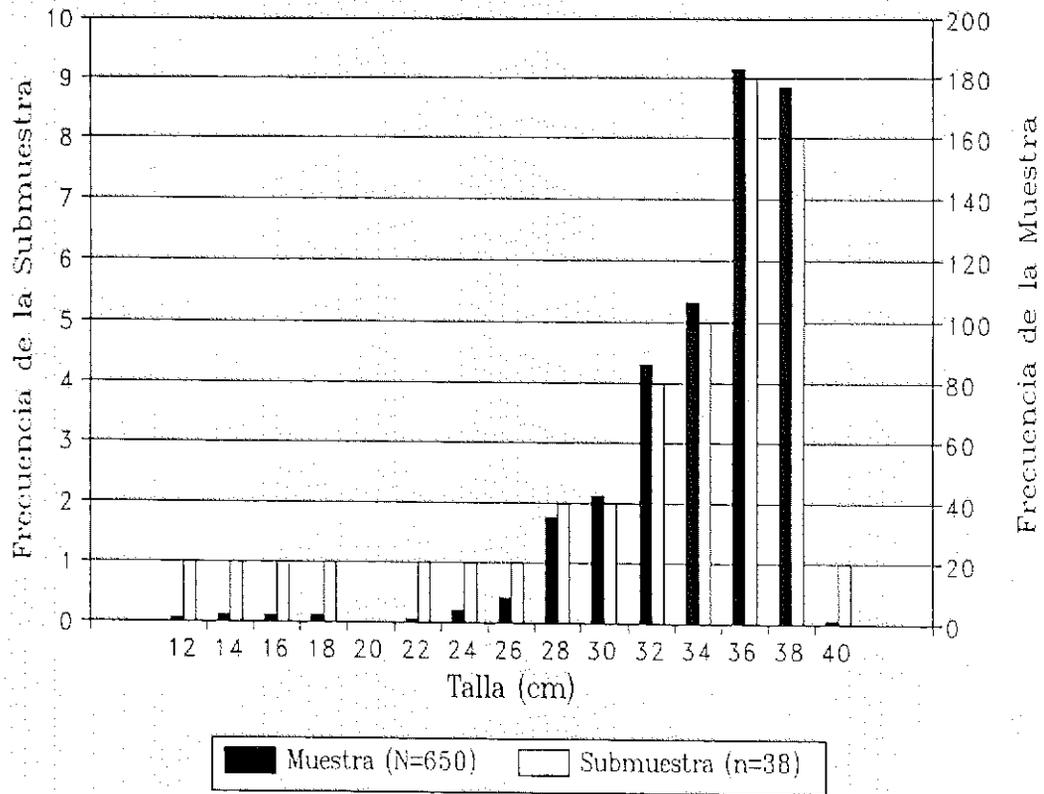
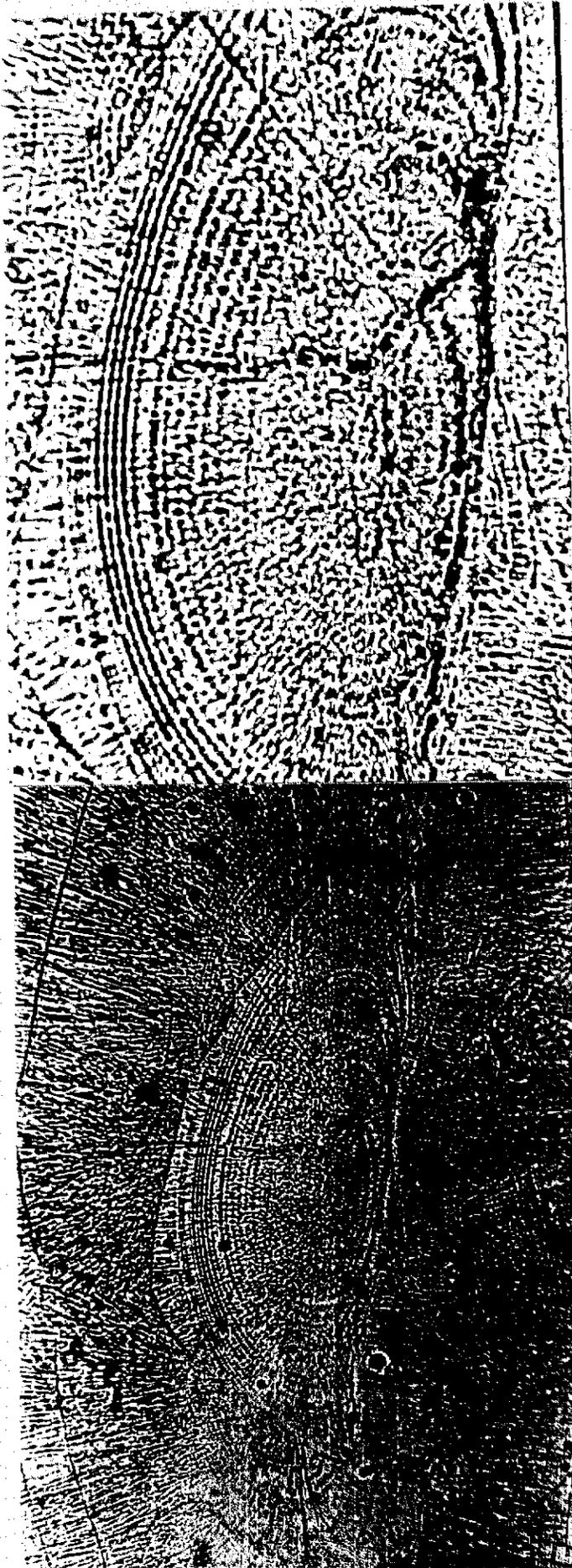


Fig. 19 Distribución de frecuencia de tallas de la muestra de merluzas juveniles *Merluccius gayi gayi* y submuestra proporcional usada para el análisis microestructural de otolitos.



a (# 7-3)

b (7-3)

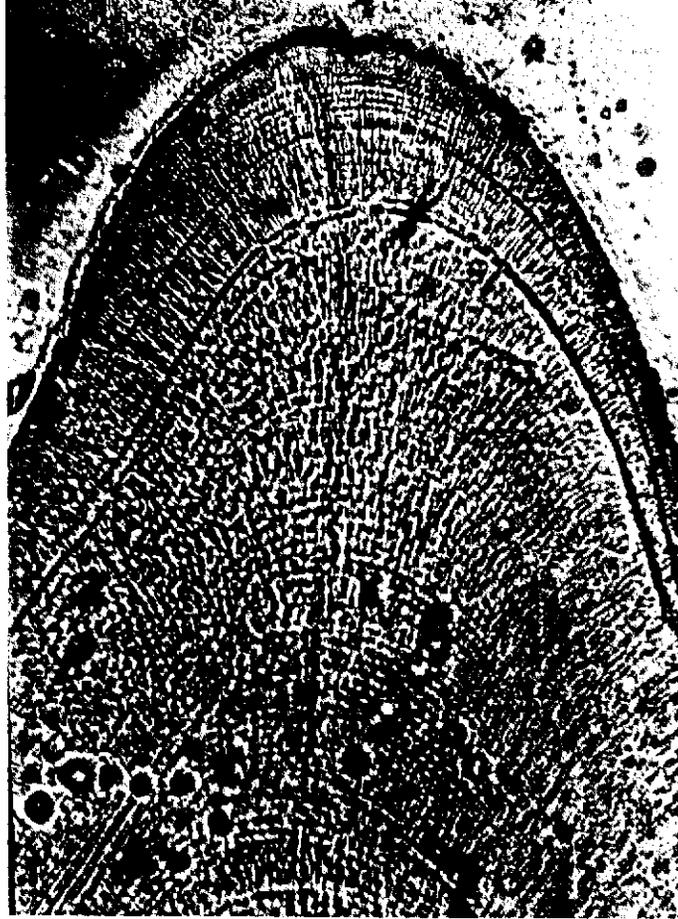
Fig. 20 Réplica de un corte dorso-ventral del núcleo del otolito sagital derecho de un ejemplar juvenil de merluza común **Merluccius gayi gayi**, observado con aumento de (a) 312x y (b) 500x.



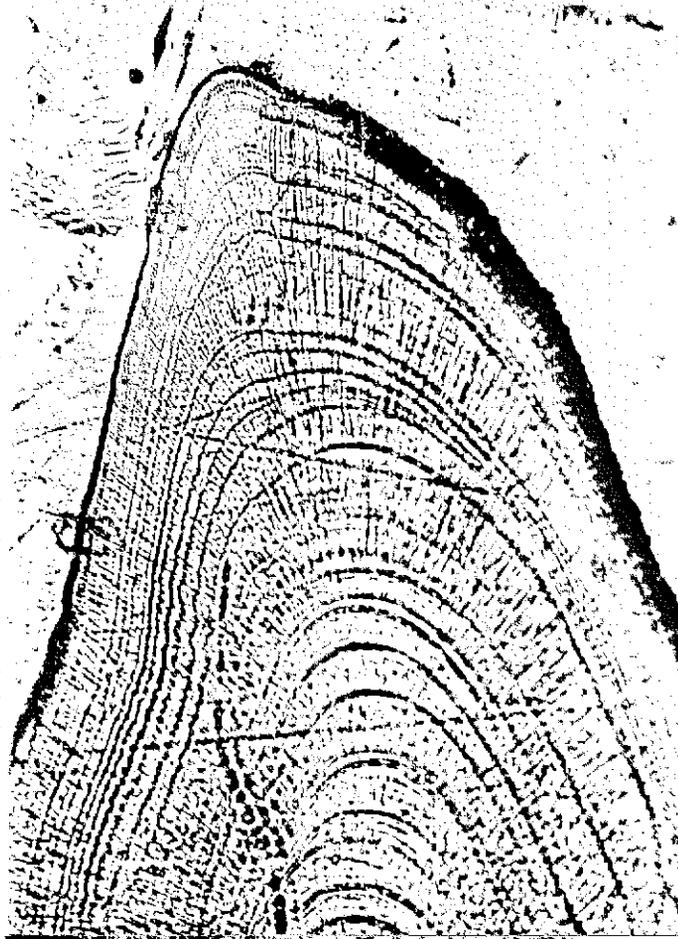
a (# 1-25)

b (4-23)

Fig. 21 Réplica de un corte dorso-ventral de la zona central del otolito sagital derecho de ejemplares juveniles de merluza común *Merluccius gayi gayi*, observados con aumento 500x. (a) # 1-25 y (b) # 4-23.



a (# 19-32)



b (7-3)

Fig. 22 Réplica de un corte dorso-ventral del borde del otolito sagital derecho de ejemplares juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**. (a) # 19-32 observado con aumento 500x y (b) # 7-3 observado con 250x.

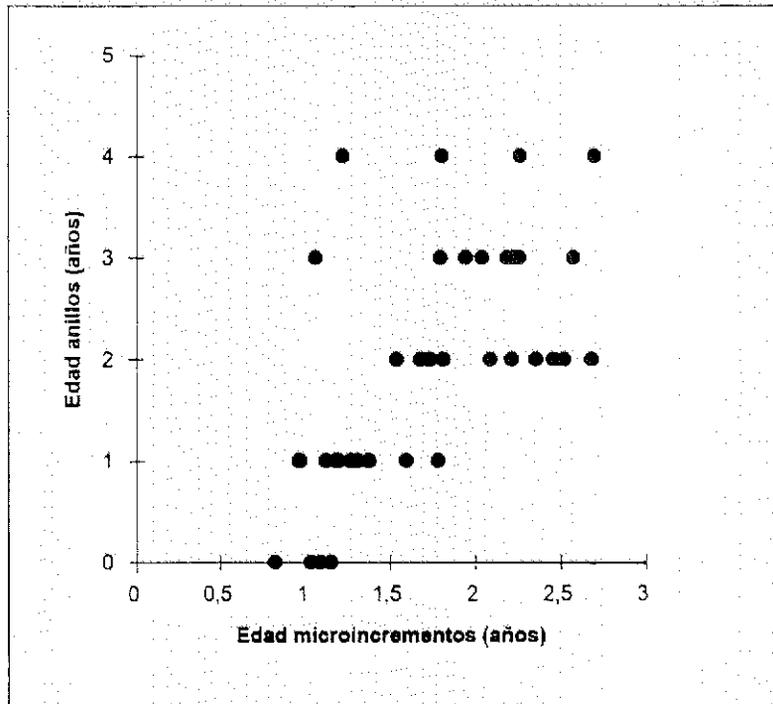


Fig. 23 Relación entre la edad en número de anillos hialinos y la edad en microincrementos diarios, expresada en años, en otolitos de juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**.

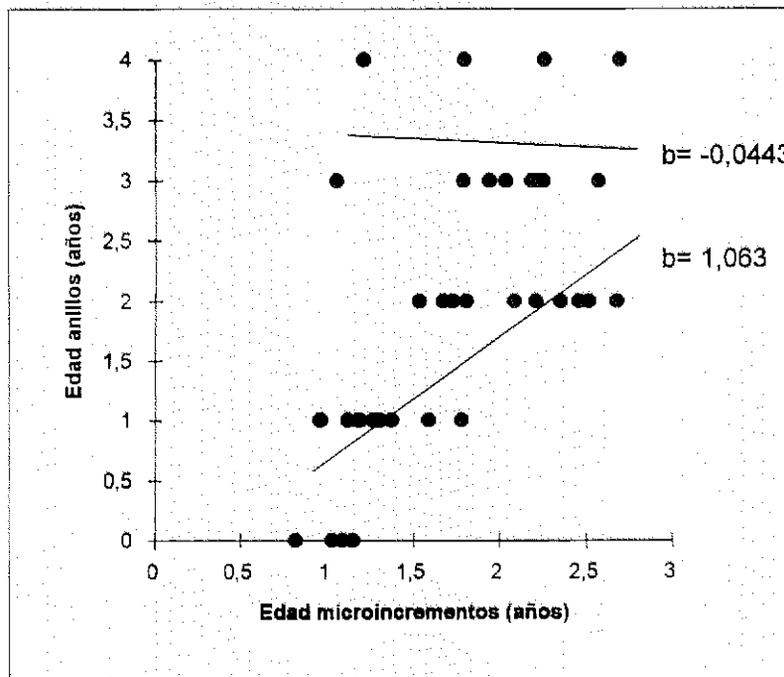


Fig. 24 Ajustes lineales para la relación entre la edad en número de anillos hialinos y la edad en microincrementos diarios expresada en años, en juveniles entre 0 y 2 años ($b = 1,063$) y juveniles iguales o mayores de 3 años ($b = -0,0443$) en merluza común **Merluccius gayi gayi**.

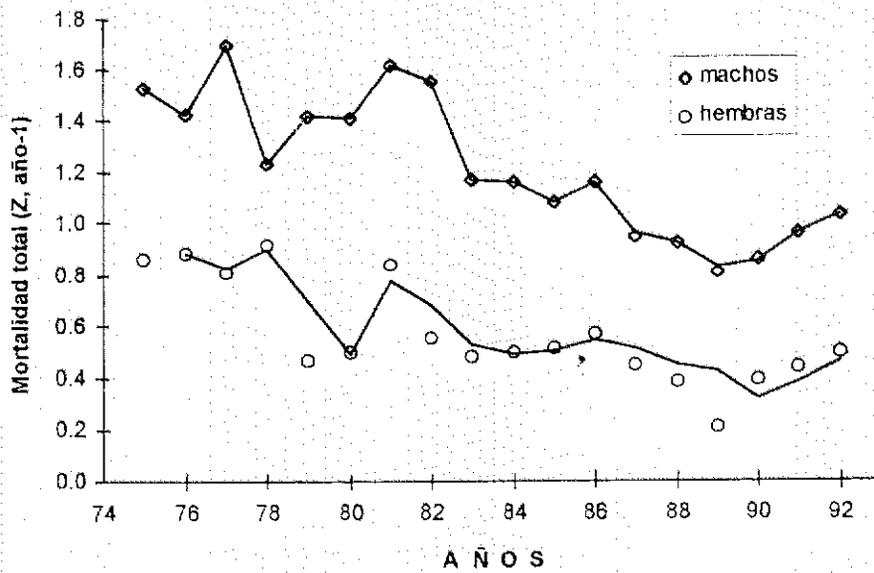


Fig. 25 Tasas de mortalidad de machos y hembras de **Merluccius gayi gayi**, obtenidos a partir de las curvas de pesca (símbolos) y valores en equilibrio (línea continua). Período 1975-1992.

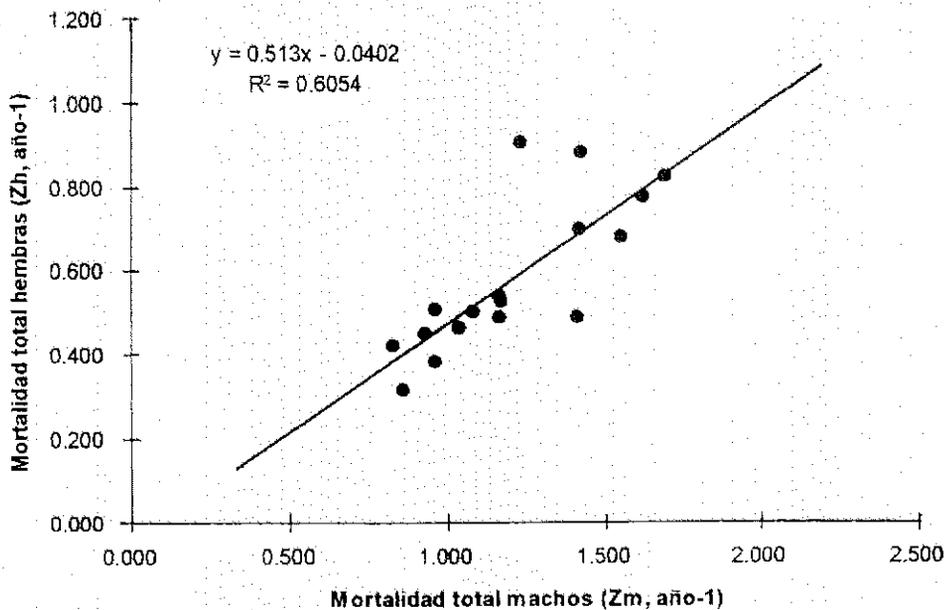


Fig. 26 Relación entre las tasas de mortalidad total equilibradas de hembras y machos de **Merluccius gayi gayi**.

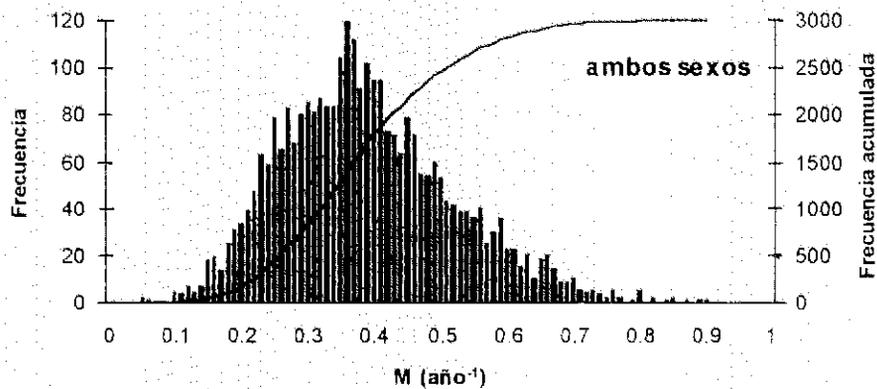
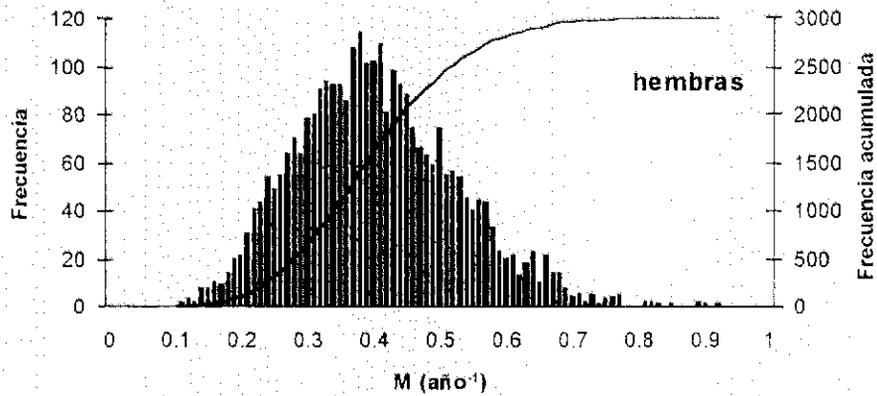
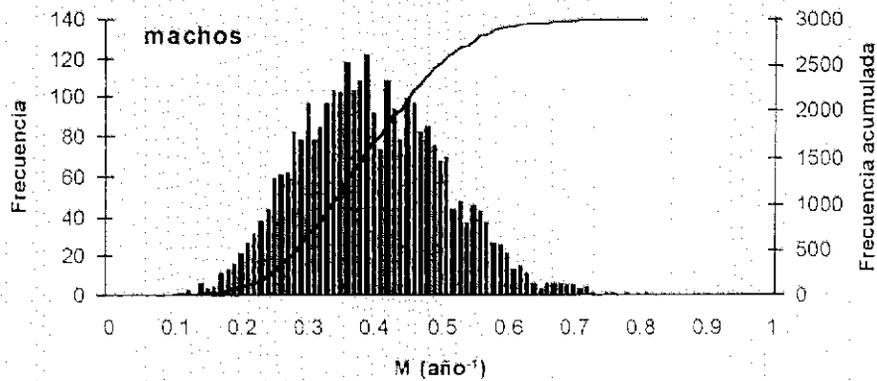


Fig. 27 Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de *Merluccius gayi gayi* según el método de Rikhter & Efanov (1976).

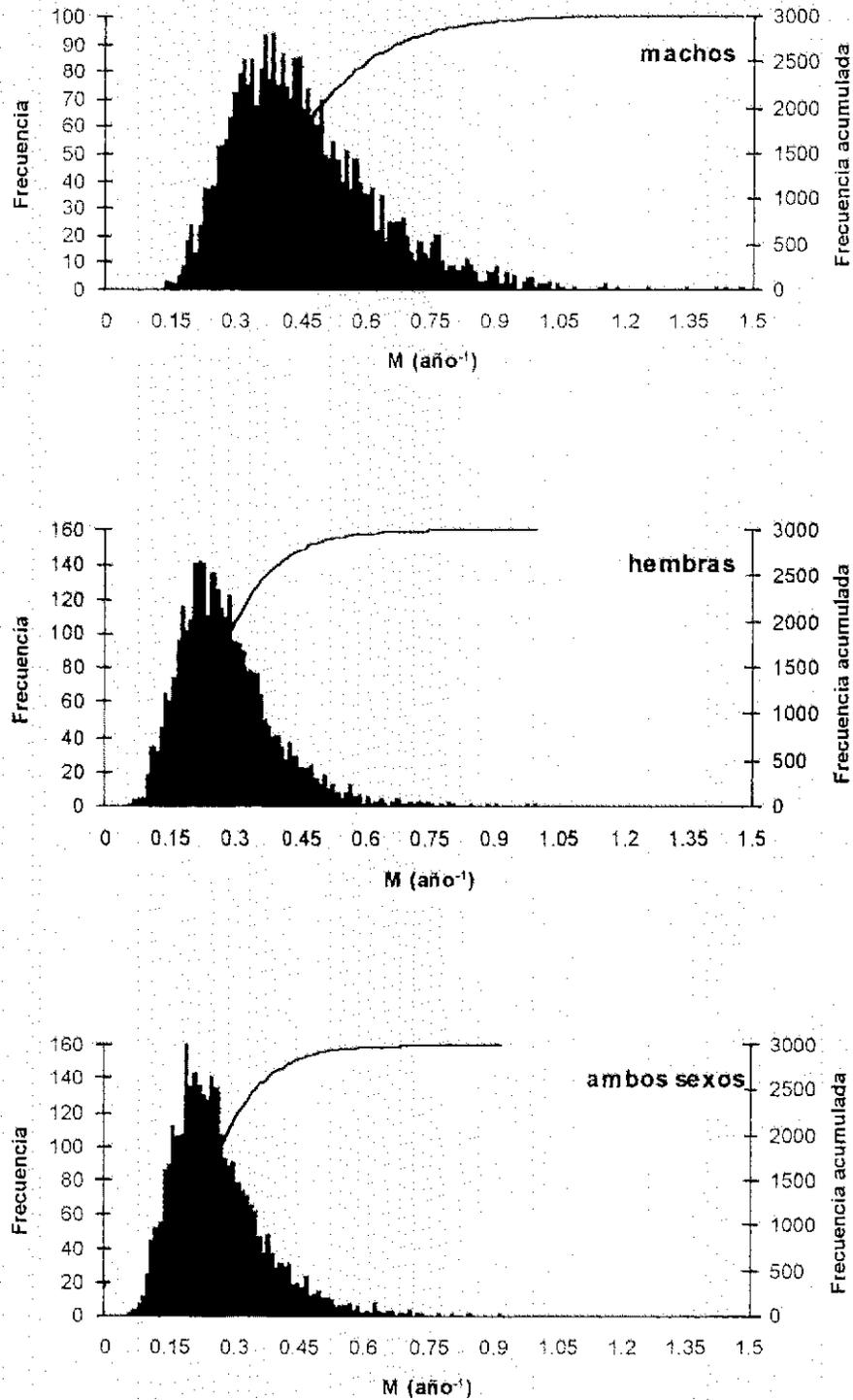


Fig.28 Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** según el método de Pauly (1980).

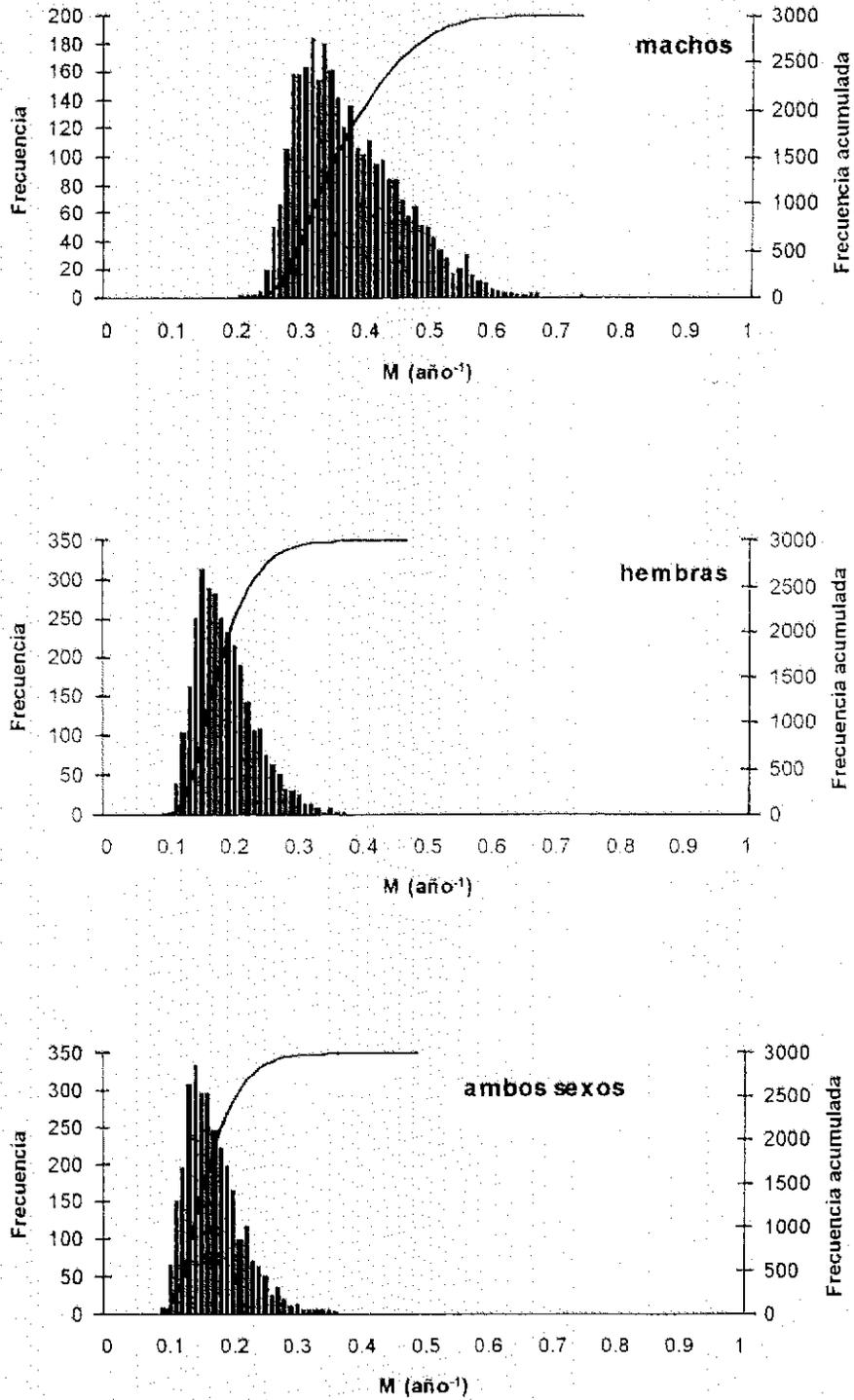


Fig. 29. Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de *Merluccius gayi gayi* según el método de Alagaraja-Taylor.

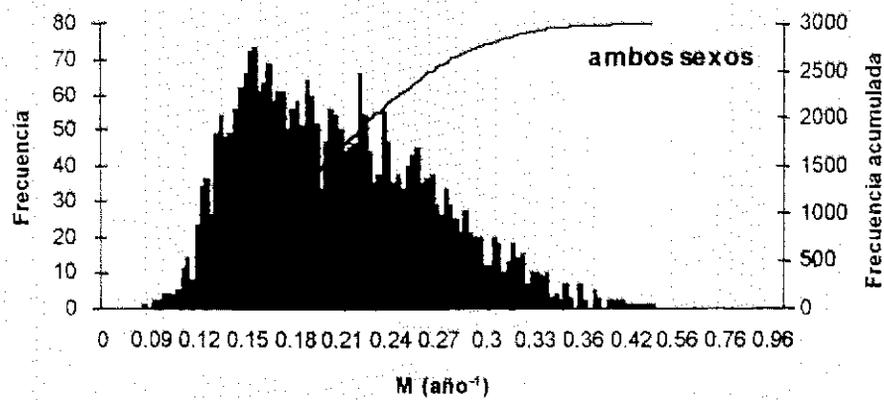
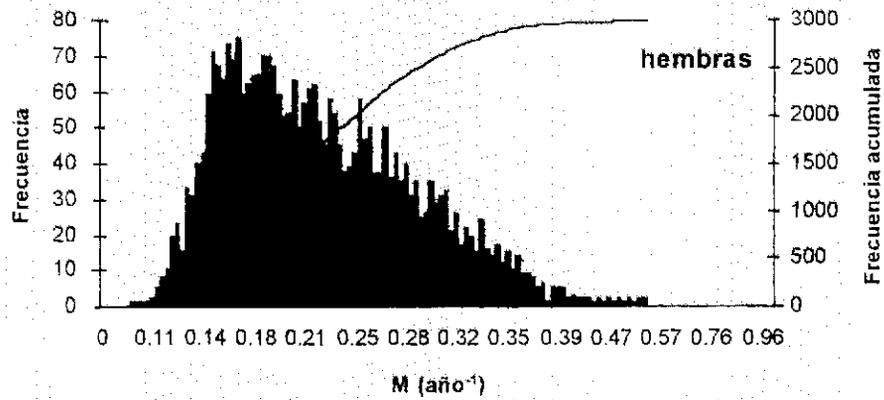
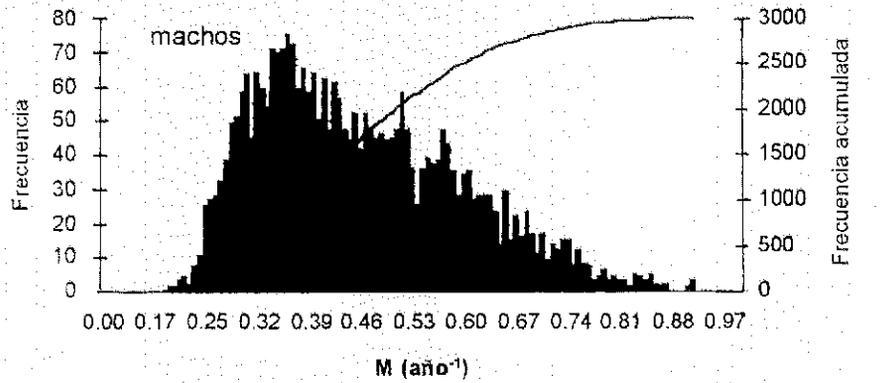


Fig. 30 Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de *Merluccius gayi gayi* según el método de Alverson & Carney (1975).

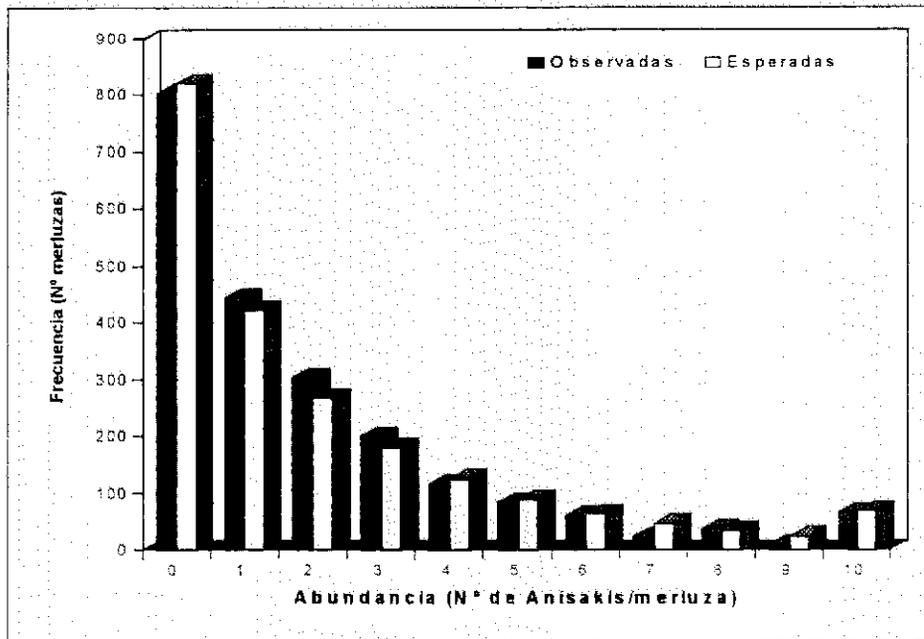


Fig. 31 Distributions de frecuencias observadas y esperadas según una distribución binomial negativa del número de larvas de *Anisakis* sp. en la merluza común *Merluccius gayi gayi*.

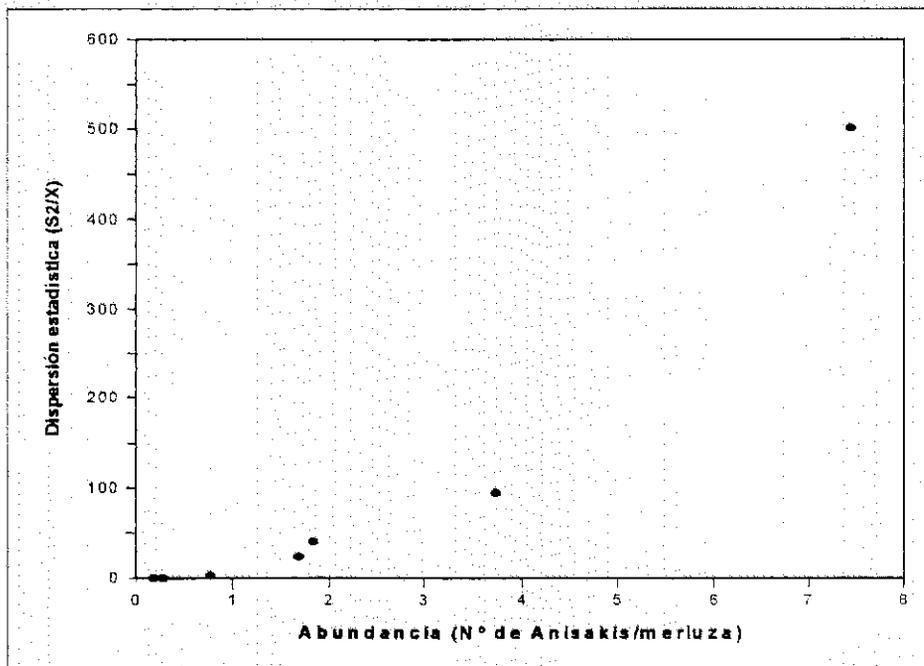


Fig. 32 Relación entre la dispersión estadística y la abundancia de *Anisakis* en merluza común *Merluccius gayi gayi*.

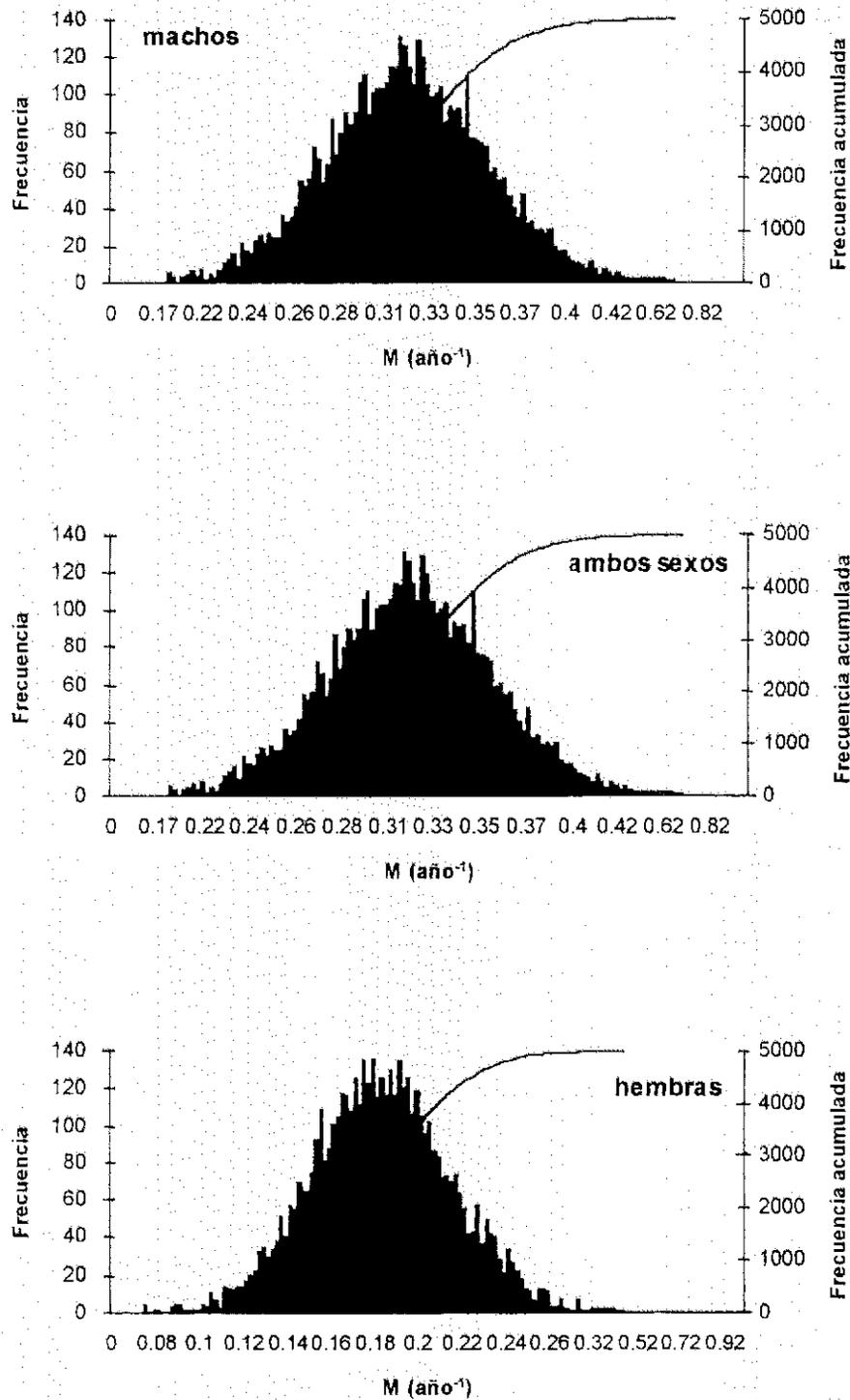


Fig. 33 Distribución de frecuencia de 5000 valores alternativos e igualmente probables para la evaluación de la precisión validación de la mortalidad natural de *Merluccius gayi gayi*.

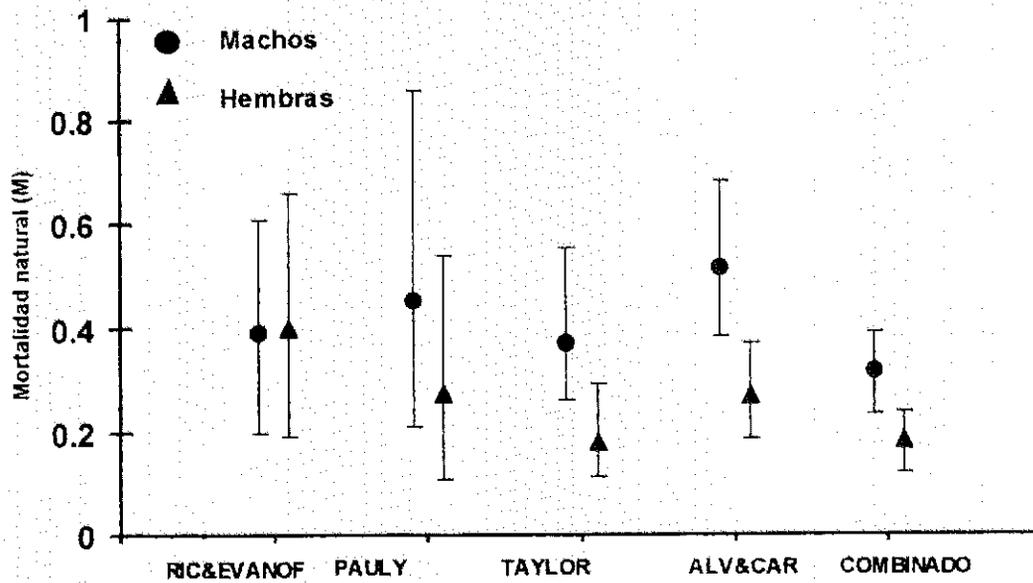


Fig. 34 Comparación de las estimaciones de la mortalidad natural para machos y hembras de *Merluccius gayi gayi* con los métodos empíricos: RI&EVANOF = Rickhter & Efanov (1976), PAULY= Pauly (1980), TAYLOR=Taylor (1960), ALV&CAR= Alverson & Carney (1975), COMBINADO=promedio ponderado por el inverso de la varianza.

TABLAS

TABLA 1

Porcentajes de concordancia en las determinaciones de edad entre diferentes lectores analizando otolitos enteros y entre las determinaciones de edad empleando diferentes técnicas de preparación en otolitos de merluza común.

Delta	DIFERENTES LECTORES		TÉCNICAS DE LECTURA A COMPARAR					
	ELEC1 / ELEC2	E / SPT	n	%	n	%	n	%
0	57,1	61,8	48	57,1	124	59,9	129	62,3
±1	41,7	30,4	35	41,7	63	30,4	70	33,8
±2	1,2	6,3	1	1,2	16	7,7	3	1,4
±3		1,4			3	1,4	3	1,4
±4					1	0,5	1	0,5
±5							1	0,5
Total	100,0	100,0	84	100,0	207	100,0	207	100,0
APE V D	DIFERENTES LECTORES		TÉCNICAS DE LECTURA A COMPARAR					
	ELEC1 / ELEC2	E / SPT	n	Índice	n	Índice	n	Índice
	5,77	5,43	84	5,77	207	5,84	207	4,65
	8,16	7,68	84	8,16	207	8,26	207	6,58
	5,77	5,43	84	5,77	207	5,84	207	4,65

TABLA 2

Edades de Merluza Común a) Comparación entre dos lectores analizando otolitos enteros; b) comparación entre técnicas SPT v/s L.

a EDADES ELEC 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	T
1		0 ⁽¹⁾															0
2	2 ⁽¹⁾	1	2 ⁽²⁾														5
3		1 ⁽²⁾	15	10 ⁽³⁾													26
4			4 ⁽³⁾	16	5 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁹⁾											26
5				3 ⁽⁴⁾	4	2 ⁽⁵⁾											9
6				0 ⁽⁹⁾	2 ⁽⁵⁾	3	2 ⁽⁶⁾										12
7						0 ⁽⁶⁾	2	1 ⁽⁷⁾									3
8							0 ⁽⁷⁾	1									1
9										2 ⁽⁸⁾							2
10									0 ⁽⁸⁾								0
11																	0
12																	0
13																	0
14																	0
15																	0
16																	0
T	2	2	21	29	11	11	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	84

b EDADES TÉCNICA L

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	T
1	2																2
2		3	3 ⁽¹⁾														6
3		3 ⁽¹⁾	31	9 ⁽²⁾	1 ⁽¹⁴⁾												44
4			4 ⁽²⁾	26	8 ⁽³⁾	1 ⁽¹⁶⁾											39
5			2 ⁽¹⁴⁾	6 ⁽³⁾	8	1 ⁽⁴⁾											17
6					2 ⁽⁴⁾	10	1 ⁽⁵⁾										13
7				0 ⁽¹⁶⁾		3 ⁽⁵⁾	2	1 ⁽⁶⁾		0 ⁽¹⁷⁾							6
8							0 ⁽⁶⁾	1	0 ⁽⁷⁾				0 ⁽²⁰⁾				1
9								1 ⁽⁷⁾		0 ⁽⁸⁾			0 ⁽¹⁹⁾				1
10							1 ⁽¹⁷⁾		1 ⁽⁸⁾	3	0 ⁽⁹⁾						5
11									1 ⁽⁹⁾	2	1 ⁽¹⁰⁾			0 ⁽¹⁸⁾			4
12										0 ⁽¹⁰⁾	1	0 ⁽¹¹⁾	1 ⁽¹⁵⁾				2
13							1 ⁽²⁰⁾	1 ⁽¹⁹⁾			3 ⁽¹¹⁾	1	1 ⁽¹²⁾				7
14										1 ⁽¹⁸⁾	0 ⁽¹⁵⁾	0 ⁽¹²⁾	1	0 ⁽¹³⁾			2
15													1 ⁽¹³⁾				1
16																	0
T	2	6	40	41	19	14	5	4	2	4	3	5	1	4	0	0	150

TABLA 3

Edades de Merluza Común a) Comparación entre técnicas E v/s SPT; b) comparación entre técnicas E v/s L

		TÉCNICA SPT																		
TÉCNICA	EDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	T
	E	1	1	0 ⁽¹⁾																
	2	3 ⁽¹⁾	4	2 ⁽²⁾																9
	3		3 ⁽²⁾	27	8 ⁽³⁾	5 ⁽¹³⁾														43
	4			15 ⁽³⁾	28	7 ⁽⁴⁾	3 ⁽¹⁴⁾	0 ⁽²⁰⁾												53
	5			2 ⁽¹³⁾	4 ⁽⁴⁾	7	2 ⁽⁵⁾	1 ⁽¹⁵⁾												16
	6				0 ⁽¹⁴⁾	1 ⁽⁵⁾	9	2 ⁽⁶⁾	0 ⁽¹⁶⁾											12
	7				1 ⁽²⁰⁾	0 ⁽¹⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	3												5
	8						1 ⁽¹⁶⁾		1											4
	9									2 ⁽¹⁷⁾										3
	10								0 ⁽¹⁷⁾	0 ⁽⁷⁾										2
	11										1 ⁽⁸⁾		0 ⁽¹⁸⁾		1 ⁽²¹⁾					1
	12										0 ⁽⁸⁾	1	0 ⁽⁹⁾							5
	13										1 ⁽¹⁸⁾	2 ⁽⁵⁾	1	1 ⁽¹⁰⁾	0 ⁽¹⁹⁾					4
	14										0 ⁽²¹⁾		0 ⁽¹⁰⁾	3	1 ⁽¹¹⁾					4
	15												1 ⁽¹⁹⁾	1 ⁽¹¹⁾	1	1 ⁽¹²⁾		0 ⁽²²⁾		1
	16															1				1
	17																			0
	18																			0
	T	3	7	46	41	20	16	6	1	1	5	4	2	7	2	2	0	0	0	163

		TÉCNICA L																					
TÉCNICA	EDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	T
	E	1	1	0 ⁽¹⁾																			
	2	2 ⁽¹⁾	8	2 ⁽²⁾	0 ⁽¹³⁾																		12
	3		2 ⁽²⁾	26	10 ⁽³⁾	5 ⁽¹⁴⁾																	43
	4		1 ⁽¹³⁾	12 ⁽³⁾	42	8 ⁽⁴⁾	3 ⁽¹⁵⁾	1 ⁽²¹⁾															67
	5			2 ⁽¹⁴⁾	5 ⁽⁴⁾	10	3 ⁽⁵⁾	0 ⁽²²⁾															20
	6				0 ⁽¹⁵⁾	6 ⁽⁵⁾	9	1 ⁽⁶⁾															16
	7				0 ⁽²¹⁾	3 ⁽⁶⁾	4	1 ⁽⁷⁾															8
	8					1 ⁽²²⁾		1 ⁽⁷⁾	1	0 ⁽⁸⁾	1 ⁽¹⁶⁾												4
	9								1 ⁽⁸⁾	1	2 ⁽⁹⁾												4
	10									1 ⁽¹⁶⁾	0 ⁽⁹⁾												2
	11										0 ⁽¹⁰⁾	1											1
	12										1 ⁽²³⁾	1 ⁽¹⁷⁾	3	0 ⁽¹⁸⁾	0 ⁽²⁴⁾						0 ⁽²⁹⁾		5
	13										1 ⁽²⁵⁾		2 ⁽¹⁸⁾	1 ⁽¹¹⁾	1								5
	14												1 ⁽²⁴⁾	1 ⁽¹⁹⁾									5
	15														2	0 ⁽¹²⁾	0 ⁽²⁰⁾				1 ⁽²⁷⁾		1
	16														1 ⁽¹²⁾								1
	17														1 ⁽²⁰⁾								2
	18															1 ⁽²⁶⁾							0
	19																0 ⁽²⁷⁾					0 ⁽²⁸⁾	0
	20																						0
	21																						0
	T	2	11	42	57	30	18	7	4	3	4	5	7	1	4	0	0	1	1	0	0	0	197

TABLA 4

Resumen de los estadísticos de la regresión, coeficientes y límites de confianza

RELACIÓN LONG. PEZ - RADIO OTOLITO MACHOS						
Estadísticas de la regresión		Coeficientes y límites de confianza				
		Coeficientes	Error Típico	Estadístico t	Probab.	Inferior 95% Superior 95%
Coef de corr. múltiple	0,9503172					
Coef de det. R ²	0,9031028					
Error típico	23,078045	-19,3795729	3,0327702	-6,390056528	2,0004E-10	-25,32681514 -13,43233074
Observaciones	2305	5,94565941	0,0405826	146,5075375	0	5,866077167 6,025241655
RELACIÓN LONG. PEZ - RADIO OTOLITO HEMBRAS						
Estadísticas de la regresión		Coeficientes y límites de confianza				
		Coeficientes	Error Típico	Estadístico t	Probab.	Inferior 95% Superior 95%
Coef de corr. múltiple	0,9670955					
Coef de det. R ²	0,9352738					
Error típico	29,91243	-52,1028105	2,900639	-17,96252824	1,1526E-67	-57,79091799 -46,414703
Observaciones	2329	6,49707104	0,0354316	183,3696233	0	6,427590314 6,566551761

TABLA 5

Longitudes promedio retrocalculadas y ajustadas para cada anullis y valores de interés asociados, para merluza común machos.

Edad	L prom. retro-ajust (mm)	D.S.	Nº Obs.	Moda	L min. retro-ajust (mm)	L max. retro-ajust (mm)	L estim. (cm)	Tasa de Increm. Abs. (cm)	Tasa de Increm. Rel. (%)
1	190	27,1	1967	163	139	303	19,4		
2	305	24,3	1953	307	238	423	29,6	10,2	52,6
3	367	26,0	1828	388	285	464	36,7	7,1	24,0
4	410	23,4	1476	414	338	506	41,6	4,9	13,4
5	443	27,1	692	428	364	526	45,0	3,4	8,2
6	469	28,4	366	476	375	555	47,4	2,4	5,3
7	490	29,3	236	496	418	593	49,1	1,7	3,5
8	508	31,3	167	503	429	613	50,2	1,1	2,3
9	519	29,6	106	514	445	619	51,0	0,8	1,6
10	536	33,1	47		484	639	51,6	0,6	1,1
11	557	37,6	25		494	652	51,9	0,4	0,7
12	582	47,6	9		505	665	52,2	0,3	0,5
13							52,4	0,2	0,4
14							52,5	0,1	0,2
15							52,6	0,1	0,1

TABLA 6

Longitudes promedio retrocalculadas y ajustadas para cada annullis y valores de interés asociados, para merluza común hembras.

Edad	L prom. retroc-ajust (mm)	D.S.	N° Obs.	Moda	L min. retroc-ajust (mm)	L max. retroc-ajust (mm)	L estim. (cm)	Tasa de Increment. Abs. (cm)	Tasa de Increment. Rel. (%)
1	175	28,8	2139	139	91	330	19,2		
2	300	27,7	2085	300	214	623	28,2	8,9	46,4
3	369	31,2	1931	356	282	800	35,5	7,3	26,1
4	420	29,5	1934	411	339	566	41,5	6,0	17,0
5	458	34,6	1168	444	375	608	46,5	5,0	11,9
6	489	38,5	892	487	398	636	50,6	4,1	8,8
7	519	42,7	661	484	420	670	53,9	3,4	6,6
8	549	47,1	497	516	434	715	56,7	2,8	5,1
9	573	51,0	424	564	464	737	58,9	2,3	4,0
10	597	54,6	363	613	491	760	60,8	1,9	3,2
11	620	57,7	308	623	503	786	62,3	1,5	2,5
12	643	60,4	264	627	517	812	63,6	1,3	2,0
13	667	64,0	202	680	528	838	64,6	1,0	1,6
14	695	65,1	147	693	562	857	65,5	0,9	1,3
15	715	69,9	85	733	580	868	66,2	0,7	1,1
16	726	74,0	43		589	884	66,8	0,6	0,9
17	741	72,4	23		604	892	67,2	0,5	0,7
18	745	49,0	10		680	845	67,6	0,4	0,6
19							68,0	0,3	0,5
20							68,2	0,3	0,4
21							68,4	0,2	0,3

Tabla 7

Parámetros de crecimiento en longitud estimados para merluza común empleando datos individuales y longitudes promedios, (presente estudio y Aguayo y Ojeda, 1987)

DATOS INDIVIDUALES							
Parámetros y su Desviación estándar							
Edades	L_{∞}	$S_{L_{\infty}}$	K	S_K	t_0	S_{t_0}	
Merluza común machos	1 - 15	52,82	1,57	0,36388	0,00353	-0,25606	0,01140
Merluza común hembras	1 - 21	69,43	2,09	0,19578	0,00172	-0,65765	0,01565
LONGITUDES PROMEDIO							
Parámetros y su Desviación estándar							
Edades	L_{∞}	$S_{L_{\infty}}$	K	S_K	t_0	S_{t_0}	
Merluza común machos	1 - 12	58,30	15,29	0,24917	0,02916	-0,74958	0,25539
Presente estudio Aguayo y Ojeda, 1987	1 - 9	57,35	1,15	0,28752	0,02049	-0,23222	0,01084
Parámetros y su Desviación estándar							
Edades	L_{∞}	$S_{L_{\infty}}$	K	S_K	t_0	S_{t_0}	
Merluza común hembras	1 - 18	81,89	27,24	0,11934	0,12662	-1,55727	0,33286
Presente estudio Aguayo y Ojeda, 1987	1 - 12	78,14	3,64	0,15291	0,01924	-0,78160	0,23810

Tabla 8

Parámetros de crecimiento obtenidos para merluza común empleando datos individuales y pesos estimados por edad

		MACHOS		HEMBRAS		
Parámetros		Estimados	S	Parámetros	Estimados	S
W _∞		1244,4	11,01	W _∞	4743,6	105,49
k		0,26682	0,00338	k	0,09735	0,00199
t ₀		-0,82176	0,02851	t ₀	-2,59739	0,07558
Edad	MACHOS			HEMBRAS		
	Peso Est.(grs)	Tasa de Incremento Abs (grs)	Rel (%)	Peso Est.(grs)	Tasa de Incremento Abs (grs)	Rel (%)
1	88			113		
2	212	124	142,0	209	96	84,4
3	359	147	69,3	333	124	59,4
4	507	148	41,2	482	149	44,6
5	643	136	26,9	650	169	35,0
6	761	119	18,5	834	184	28,3
7	861	100	13,1	1029	195	23,3
8	943	82	9,5	1230	201	19,5
9	1009	66	7,0	1434	204	16,6
10	1061	52	5,2	1638	204	14,2
11	1102	41	3,9	1839	201	12,3
12	1135	32	2,9	2035	196	10,7
13	1160	25	2,2	2224	190	9,3
14	1179	19	1,7	2406	182	8,2
15	1194	15	1,3	2580	174	7,2
16				2745	165	6,4
17				2900	155	5,7
18				3046	146	5,0
19				3183	137	4,5
20				3310	128	4,0
21				3429	119	3,6

Tabla 9

Resultados del cultivo de huevos de merluza común **Merluccius gayi gayi** en el laboratorio. Se incluyen las pescas para la obtención de larvas planctónicas

Origen	Fecha	Temperatura del agua ± desviación estándar	Número inicial de huevos	Número de larvas nacidas
Fecundación	07/09/1995	14,0 ± 0,55	1600	3
Fecundación	12/09/1995	14,0 ± 0,41	2000	1
Fecundación	14/09/1995	13,8 ± 0,53	1800	0
Plancton	21/09/1995	13,7 ± 0,45	900	644
Plancton	22/09/1995	-----	0	0
Plancton	04/09/1996	14,3 ± 0,43 y 16,9 ± 0,56	700	302
Plancton	07/01/1997	19,94 ± 0,36	210	165
Plancton	07/01/1997	-----	Plancton	1
Plancton	14/01/1997	-----	Plancton	9

Tabla 10

Edad en días y longitud estándar promedio en mm de las larvas de merluza común **Merluccius gayi gayi** criadas en el laboratorio.

Edad días)	Longitud promedio	Desviación estándar	n
1	3,70	0,26	3
4	3,65	0,49	2
5	4,74	0,13	5
6	4,68	0,08	5
7	4,69	0,16	15
8	4,43	0,25	3
12	4,58	0,04	5
14	4,65	0,07	2
16	4,53	0,1	4
18	4,40		1

Tabla 11

Estructura de edades (%) generadas por los dos métodos de determinar edades en juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**.

EDAD	OTOLITO MACROANILLOS	OTOLITO MICROINCREMENTOS
0	10,3	---
0,5	---	---
1	28,2	10,3
1,5	---	30,8
2	28,2	25,6
2,5	---	25,6
3	23,1	7,7
3,5	---	---
4	10,3	---

Tabla 12

Parámetros estimados de las regresiones entre las edades determinadas por los métodos de lectura de anillos hialinos y por microincrementos en juveniles de merluza común **Merluccius gayi gayi**.

ESTIMACION	a	b	n	r	P (β_1)
Edad anillos < 2 versus Edad microincrementos	-0,399	1,063	26	0,792	0,000
Edad anillos > 2 versus Edad microincrementos	3,397	-0,044	13	-0,043	0,887

Tabla 13.

Estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad total de machos (Z_m), hembras (Z_h) de **Merluccius gayi gayi** obtenidas a partir de las curvas de pesca (\pm límites de 95% de confianza) y estimaciones del inverso de los coeficientes de mortalidad (t_{50}).

AÑOS	Machos Z_m	Hembras Z_h	Machos t_{50}	Hembras t_{50}	Machos Z_m^{eq}	Hembras Z_h^{eq}
1975	1,527 \pm 0,425	0,857 \pm 0,059	0,655	1,167	1,527	-
1976	1,428 \pm 0,516	0,885 \pm 0,273	0,701	1,130	1,428	0,881
1977	1,694 \pm 0,189	0,808 \pm 0,197	0,590	1,237	1,694	0,823
1978	1,232 \pm 0,514	0,912 \pm 0,400	0,812	1,096	1,232	0,903
1979	1,420 \pm 0,573	0,465 \pm 0,119	0,704	2,152	1,420	0,697
1980	1,413 \pm 0,867	0,491 \pm 0,200	0,708	2,037	1,413	0,486
1981	1,620 \pm 0,642	0,833 \pm 0,283	0,617	1,201	1,620	0,775
1982	1,554 \pm 0,668	0,548 \pm 0,073	0,644	1,823	1,554	0,677
1983	1,173 \pm 0,150	0,477 \pm 0,190	0,852	2,097	1,173	0,527
1984	1,163 \pm 0,111	0,495 \pm 0,158	0,860	2,019	1,163	0,487
1985	1,084 \pm 0,425	0,511 \pm 0,145	0,922	1,956	1,084	0,503
1986	1,162 \pm 0,506	0,566 \pm 0,340	0,861	1,767	1,162	0,542
1987	0,949 \pm 0,469	0,445 \pm 0,186	1,054	2,245	0,960	0,506
1988	0,926 \pm 0,448	0,383 \pm 0,204	1,080	2,612	0,927	0,450
1989	0,805 \pm 0,317	0,206 \pm 0,093	1,243	4,854	0,828	0,420
1990	0,864 \pm 0,308	0,387 \pm 0,131	1,158	2,584	0,856	0,316
1991	0,967 \pm 0,539	0,435 \pm 0,114	1,034	2,301	0,964	0,384
1992	1,037 \pm 0,459	0,495 \pm 0,173	0,964	2,021	1,037	0,464

Tabla 14

Resultados del análisis de regresión entre la mortalidad total de machos (Z_m) y la mortalidad total de hembras de (Z_h) de **Merluccius gayi gayi**.

Parámetro	Valor	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)	
			Inferior	Superior
Intercepto	-0,04019	0,13209	-0,32176	0,24137
Pendiente	0,51304	0,10695	0,28507	0,74100

Tabla 15

Parámetros de crecimiento en longitud de machos, hembras y ambos sexos conjuntamente, obtenidos de Aguayo & Ojeda (1987). Entre paréntesis se indica el error estándar de los parámetros.

Parámetros	MACHOS		HEMBRAS		AMBOS	
L_{∞}	57,4	(1,1500)	78,1	(3,6400)	80,4	(4,5300)
K	0,2875	(0,0205)	0,1529	(0,0192)	0,1390	(0,0198)
t_0	-0,2322	(0,0108)	-0,7816	(0,2381)	-0,9189	(0,2813)

Tabla 16

Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de *Merluccius gayi gayi* obtenidos con el método de Rikhter & Efanov (1976).

	MACHOS	HEMBRAS	AMBOS
Réplicas	3000	3000	3000
Promedio	0,391	0,399	0,383
Mediana	0,384	0,390	0,370
Moda	0,356	0,372	0,352
Desv. Estd.	0,108	0,121	0,129
Varianza	0,012	0,015	0,017
Skewness	0,273	0,452	0,518
Kurtosis	2,843	3,233	3,192
Coef. Var.	0,275	0,304	0,336
Mínimo	0,106	0,100	0,043
Máximo	0,809	0,912	0,891
Rango	0,703	0,812	0,848
Error Estd.	0,002	0,002	0,002
Percentiles:			
0.0%	0,106	0,100	0,043
2.5%	0,199	0,190	0,168
5.0%	0,225	0,216	0,195
50.0%	0,384	0,390	0,370
95.0%	0,573	0,618	0,618
97.5%	0,609	0,660	0,662
100.0%	0,809	0,912	0,891

Tabla 17

Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** obtenidos con el método de Pauly (1980).

	MACHOS	HEMBRAS	AMBOS
Réplicas	3000	3000	3000
Promedio	0,452	0,275	0,257
Mediana	0,422	0,256	0,239
Moda	0,371	0,210	0,184
Desv. Estd.	0,168	0,111	0,105
Varianza	0,028	0,012	0,011
Skewness	1,126	1,311	1,217
Kurtosis	5,171	6,281	5,433
Coef. Var.	0,372	0,404	0,410
Mínimo	0,137	0,054	0,059
Máximo	1,474	0,998	0,919
Rango	1,337	0,943	0,860
Error Estd.	0,003	0,002	0,002
Percentiles:			
0.0%	0,140	0,050	0,060
2.5%	0,210	0,110	0,110
5.0%	0,230	0,130	0,120
50.0%	0,420	0,260	0,240
95.0%	0,770	0,480	0,460
97.5%	0,860	0,540	0,510
100.0%	1,470	1,000	0,920

Tabla 18

Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** obtenidos con el método de Alagaraja (1984) y Taylor (1959).

	MACHOS	HEMRAS	AMBOS
Réplicas	3000	3000	3000
Promedio	0,373	0,181	0,163
Mediana	0,357	0,172	0,155
Moda	0,316	0,146	0,133
Desv. Estd.	0,079	0,046	0,045
Varianza	0,006	0,002	0,002
Skewness	0,770	1,053	1,222
Kurtosis	3,198	4,734	5,874
Coef. Var.	0,213	0,256	0,275
Mínimo	0,207	0,096	0,082
Máximo	0,738	0,468	0,488
Rango	0,531	0,372	0,406
Error Estd.	0,001	0,001	0,001
Percentiles:			
0.0%	0,207	0,096	0,082
2.5%	0,260	0,114	0,100
5.0%	0,271	0,120	0,106
50.0%	0,357	0,172	0,155
95.0%	0,524	0,267	0,247
97.5%	0,556	0,292	0,269
100.0%	0,738	0,468	0,488

Tabla 19

Resumen estadístico de los 3000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** obtenidos con el método de Alverson & Carney (1975).

	MACHOS	HEMBRAS	AMBOS
Réplicas	3000	3000	3000
Promedio	0,454	0,224	0,206
Mediana	0,430	0,214	0,198
Moda	0,364	0,161	0,154
Desv. Estd.	0,136	0,065	0,058
Varianza	0,018	0,004	0,003
Skewness	0,600	0,600	0,580
Kurtosis	2,730	2,790	2,830
Coef. Var.	0,300	0,290	0,280
Mínimo	0,189	0,094	0,085
Rango	0,747	0,405	0,355
Error Estd.	0,002	0,001	0,001
Percentiles:			
0.0%	0,189	0,094	0,085
2.5%	0,255	0,128	0,120
5.0%	0,272	0,138	0,126
50.0%	0,430	0,214	0,198
95.0%	0,705	0,344	0,314
97.5%	0,750	0,364	0,331
100.0%	0,936	0,499	0,440

Tabla 20

Distribuciones de frecuencias absolutas, desglosadas por sexo y para el total, de las clases de edad de las 2.150 merluzas **Merluccius gayi gayi** consideradas en los análisis.

Clases de edad (años)	Frecuencia (número de individuos)		
	Hembras	Machos	Total
1	0	6	6
2	0	28	28
3	17	128	145
4	89	270	359
5	167	443	610
6	301	250	551
7	201	57	258
8	78	13	91
9	44	14	58
+10	40	3	43

Tabla 21

Prevalencia y abundancia promedio de larvas de Anisakis según clases de edad de la merluza común **Merluccius gayi gayi** (desviación estándar entre paréntesis), junto a sus respectivos tamaños muestrales.

Clases de edad años	Prevalencia	Abundancia	Tamaño
	%	Nº Anisakis por merluza	muestreal
1	-	-	6
2	21,5	-	28
3	25,5	0,469 (1,048)	145
4	47,4	0,972 (1,428)	359
5	64,1	1,851 (2,340)	610
6	68,4	1,943 (2,386)	551
7	74,1	2,938 (3,742)	258
8	86,8	6,154 (7,342)	91
9	94,8	7,483 (9,058)	58
+10	-	-	43

Tabla 22

Distribuciones de frecuencias porcentuales del número de larvas de **Anisakis** por merluza en cada clase de edad. Se indica el número de ejemplares por clase.

Nº de Anisakis por merluza	CLASES DE EDAD (años)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
0	78,57	74,48	52,65	35,90	31,58	25,19	13,19	5,17
1	14,29	13,10	22,56	21,15	24,68	16,67	8,79	18,97
2	7,14	8,28	11,14	14,75	15,79	18,22	15,38	10,34
3	0	2,07	7,52	11,80	9,80	10,08	8,79	12,07
4	0	1,38	3,34	5,08	6,53	7,75	7,69	10,34
5	0	0	2,23	4,26	3,45	5,81	6,59	12,07
6	0	0	0	2,79	3,27	5,43	9,89	1,72
7	0	0	0,28	0,98	0,73	2,33	3,30	1,72
8	0	0	0	1,15	2,36	3,49	4,40	5,17
9	0	0	0	0,49	0,36	0,78	3,30	0
+10	0	0	0,28	1,64	1,45	4,26	18,68	22,41
Nº de merluzas	28	145	359	610	551	258	91	58

Tabla 23

Resumen estadístico de los 5000 valores alternativos e igualmente probables de la mortalidad natural de **Merluccius gayi gayi** para machos, hembras y ambos sexos.

	MACHOS	HEMBRAS	AMBOS
Réplicas	5000	5000	5000
Promedio	0,3165	0,1819	0,1946
Mediana	0,3162	0,1814	0,1941
Moda	0,3155	0,1776	0,1907
Desv. Estd.	0,0397	0,0320	0,0283
Varianza	0,0016	0,0010	0,0008
Skewness	0,0292	0,0675	-0,0255
Kurtosis	3,0339	3,1451	2,9668
Coef. Var.	0,1256	0,1757	0,1457
Mínimo	0,1807	0,0438	0,0912
Máximo	0,4644	0,3035	0,3052
Rango	0,2837	0,2598	0,2140
Error Estd.	0,0006	0,0005	0,0004
Percentiles:			
0.0%	0,1807	0,0438	0,0912
2.5%	0,2379	0,1206	0,1385
5.0%	0,2509	0,1301	0,1481
50.0%	0,3162	0,1814	0,1941
95.0%	0,3824	0,2351	0,2407
97.5%	0,3944	0,2446	0,2492
100.0%	0,4644	0,3035	0,3052

Tabla 24

Estimados de la tasa instantánea de mortalidad natural en base a los parámetros de crecimiento ajustados en el presente estudio e intervalos de confianza obtenidos empleando los parámetros de Aguayo y Ojeda, 1987.

a) Con parámetros de crecimiento en base a longitudes promedios

METODO	M machos	M hembras
Rickther & Efanov (1976)	0,490 (0,199-0,609)	0,465 (0,190-0,660)
Pauly (1980)	0,388 (0,210-0,860)	0,218 (0,110-0,540)
Taylor (1960)	0,323 (0,260-0,556)	0,139 (0,114-0,292)
Alverson & Cerney (1975)	0,297 (0,255-0,750)	0,228 (*) (0,128-0,364)

b) Con parámetros de crecimiento en base a datos individuales

METODO	M machos	M hembras
Rickther & Efanov (1976)	0,525 (0,199-0,609)	0,498 (0,190-0,660)
Pauly (1980)	0,511 (0,210-0,860)	0,315 (0,110-0,540)
Taylor (1960)	0,501 (0,260-0,556)	0,237 (0,114-0,292)
Alverson & Cerney (1975)	0,473 (0,255-0,750)	0,200 (*) (0,128-0,364)

(*) Según la edad crítica estimada en 6,34 años analizando la edad modal de las capturas de hembras (ver texto).