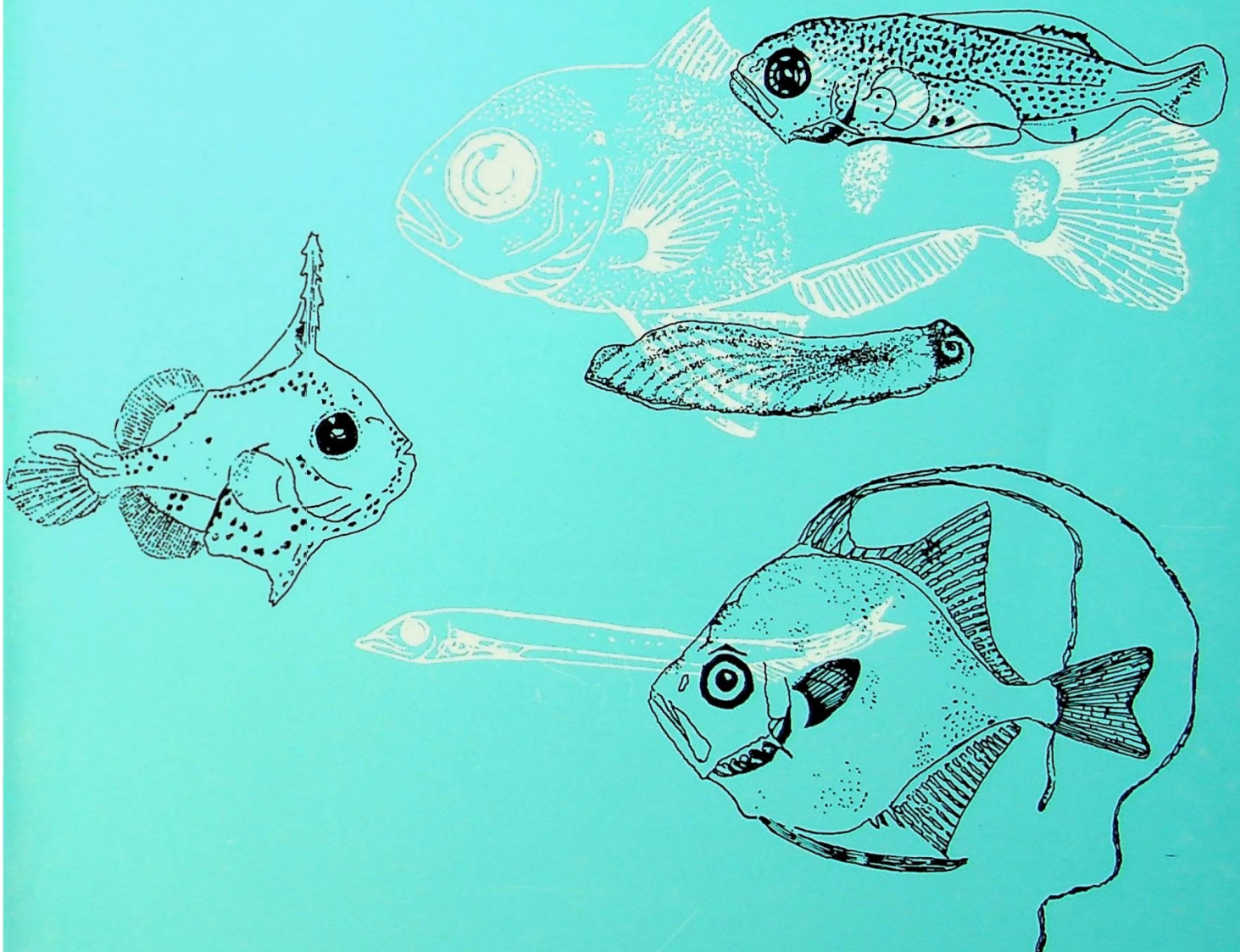


ISSN 0067 - 8767

# Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Nº 23



## COMITE EDITOR

**Dr. Juan Cancino**  
Director responsable

**Dr. Mario George-Nascimento**  
Editor jefe  
FAX 056-41-543294

## COMITE ASESOR

**Dr. Ramón Ahumada**  
U. Católica Ssma. Concepción

**Ing. Patricio Arana**  
U. Católica Valparaíso

**Dr. Hugo Arancibia**  
Instituto de Investigación Pesquera

**Prof. Nibaldo Bahamonde**  
U. de Chile

**Lic. Italo Campodónico**  
Subsecretaría de Pesca

**Dr. Juan Carlos Castilla**  
Pontificia U. Católica de Chile

**Lic. Javier Chong**  
U. Católica Ssma. Concepción

**Dr. Gonzalo Gajardo**  
U. de Los Lagos

**Dr. Ricardo Galleguillos**  
U. Católica Ssma. Concepción

**Dr. Patricio Ojeda**  
Pontificia U. Católica de Chile

**Ing. Eleuterio Yáñez**  
U. Católica Valparaíso

**Lic. Ciro Oyarzún**  
U. Católica Ssma. Concepción

**Dr. Bernabé Santelices**  
Pontificia U. Católica de Chile

© Universidad Católica de la Santísima Concepción. 1991. ISSN N° 0067-8767.  
Todo manuscrito, solicitud de canje, compra y correspondencia en general debe ser dirigida a:

Editor Jefe  
Revista Biología Pesquera  
Universidad Católica de la Santísima Concepción  
Casilla 297 - Concepción. Fax 056-41-245908  
CHILE

Subscription: US\$ 15 per issue, surface mail (US\$ 20 air mail).  
Subscripción en Chile: \$ 6.000 Anuales.

Impreso por EDITORA ANÍBAL PINTO S.A.  
Concepción, Chile

# Biología Pesquera

---

## POLITICA EDITORIAL

BIOLOGIA PESQUERA es una revista científica que en el ámbito regional latinoamericano tiene por objeto publicar los resultados de investigaciones biológicas, pesqueras, ecológicas, limnológicas, oceanográficas y de ingeniería, orientadas a incrementar las bases científicas para el manejo y utilización de los recursos acuáticos vivos. Se publicarán preferentemente trabajos referidos al Pacífico Suroriental y Océano Austral (Antártica). Los idiomas de publicación son español e inglés.

La responsabilidad de la gestión editorial de BIOLOGIA PESQUERA recae en la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Concepción, Chile) a contar del N° 20 (diciembre 1991).

## EDITORIAL POLICY

BIOLOGIA PESQUERA is a scientific journal that in the Latin American region has the purpose of publishing results either from biological, fisheries, ecological, limnological, oceanographic or engineering research oriented to increase the scientific bases for the management and exploitation of aquatic living resources. The journal will give priority to publish manuscripts referring to both, the Southeastern Pacific and Antarctic Ocean. Submission can be made in Spanish or English.

The managing editorship of BIOLOGIA PESQUERA is an effort of the Faculty of Sciences of the Universidad Católica de la Santísima Concepción (Concepción, Chile) since Number 20 (December 1991).



FONDO DE PUBLICACION  
VICERRECTORIA ACADEMICA  
UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

# Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE LA SANTISIMA CONCEPCION



ISSN 0067 - 8767

INDICE N° 23

1994

**Cubillos, L. y P. Sobarzo**

Aspectos teóricos para el análisis de datos de captura y esfuerzo de pesca mediante modelos de función de transferencia. *Theoretical aspects for the analysis of catch and effort data through transfer function noise models* ..... 3-10

**Arancibia, H., L. Cubillos, J. Remmaggi y R. Alarcón**

Determinación de la talla de madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. *Determination of the size at sexual maturity and batch fecundity in common sardine, Strangomera bentincki* (Norman, 1936), off Talcahuano, Chile ..... 11-17

**Cubillos, L., P. Sobarzo y H. Arancibia**

Análisis retrospectivo de la evaluación de merluza común (*Merluccius gayi*) utilizando análisis secuencial de la población sintonizado. *Retrospective analysis of the assessment of the Chilean hake (Merluccius gayi) by using a tuning sequential population analysis* ..... 19-30

**George-Nascimento, M. y H. Arancibia**

La fauna parasitaria y la morfometría de la merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) como indicadores de unidades de stock. *The parasite fauna and morphometry of the southern hake Merluccius australis (Hutton) as indicators of stock units* ..... 31-47

**Zaixso, H. E. y Z. I. Lizarralde**

Efecto del tamaño de malla sobre el crecimiento y sobrevivencia del mejillón (*Mytilus platensis* d'Orb.) en cultivos con encordados franceses. *Effect of mesh size on growth and survival of cultured mussels (Mytilus platensis d'Orb.) in french nettings* ..... 49-57

**Chong, J. y M. Aguayo**

Determinación de edad y crecimiento de *Serirolella caerulea* Guichenot, 1848 de la zona sur-austral de Chile. *Age and growth determination of Seriolella caerulea Guichenot, 1848 from Southern Chile* ..... 59-67

# ASPECTOS TEORICOS PARA EL ANALISIS DE DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO DE PESCA MEDIANTE MODELOS DE FUNCION DE TRANSFERENCIA

## THEORETICAL ASPECTS FOR THE ANALYSIS OF CATCH AND EFFORT DATA THROUGH TRANSFER FUNCTION NOISE MODELS

---

*Luis Cubillos y Pamela Sobarzo*

### RESUMEN

La evaluación de recursos pesqueros a menudo se realiza a través de la relación entre las capturas o captura por unidad de esfuerzo y los esfuerzos de pesca anuales. Esta relación se utiliza para establecer niveles adecuados con el objeto de asegurar la conservación del recurso y por ende la explotación pesquera. Dado que las capturas, captura por unidad de esfuerzo, y esfuerzo de pesca son series de tiempo, en este trabajo se presentan aspectos teóricos para analizar mediante modelos de función de transferencia las relaciones entre estas variables, tomando en cuenta la estructura de autocorrelación de las series. Se demuestra la equivalencia entre la aproximación propuesta y los modelos clásicos de producción históricamente utilizados en el análisis de pesquerías, y se incorpora a éstos la estructura correlacionada del error en forma sistemática. Finalmente, se discute sobre la potencial aplicación de los modelos de función de transferencia en la investigación de pesquerías.

*Palabras claves: Análisis de series de tiempo, modelos de función de transferencia, captura y esfuerzo de pesca.*

### ABSTRACT

The evaluation of a fishing resource is often done through the relationships between the annual catch or catch per unit of effort and the annual fishing efforts. These relationships are used in order to establish adequate levels for the purpose of assuring the conservation and the exploitation of the resource. Because the catch, the catch per unit of effort and the fishing effort are time series, in this paper theoretical aspects are introduced in order to analyze the relationships between these variables through transfer function noise models, considering the autocorrelation structure of the series. The equivalence between the time series approach and the classical models historically used in the analysis of fisheries is demonstrated, and the correlated structure of the error is incorporated into these models in a systematic way. Finally, it is discussed the potential application of the transfer function noise models in the fisheries research.

*Key words: Time series modelling, transfer function modelling, catch and fishing effort data.*

Fecha de recepción: 2 - 8 - 93. Fecha de aceptación: 1 - 7 - 94.

### INTRODUCCION

En evaluación de pesquerías, usualmente se utiliza los datos de captura y esfuerzo de pesca para recomendar medidas de manejo pesquero, a través del empleo de modelos globales de producción, particularmente cuando datos biológicos específicos no están disponibles. Estos

modelos han sido ampliamente revisados y documentados, tanto en sus aspectos teóricos como prácticos.

Un modelo de producción puede tomar diferentes formas (Schnute, 1977), ya que modelan los procesos que determinan la biomasa de una población a través de una "caja negra" que establece las relaciones involucradas (Pitcher & Hart, 1982). De esta manera, desde el modelo lineal de Graham (1935) y Schaefer (1954), otros modelos han sido ampliamente utilizados; como el modelo exponencial de Fox (1970) y el

modelo generalizado de producción (Pella & Tomlinson, 1969; Fox, 1975).

Sin embargo, debido a que la formulación de estos modelos se basan en el concepto de equilibrio, éstos han sido revisados y adaptados con el objeto de mejorar el ajuste de los datos observados bajo condiciones de no-equilibrio de la pesquería (Schaefer, 1957; Gulland, 1971; Walter, 1975; Schnute, 1977; Deriso, 1980). En estos últimos, se intenta tomar en cuenta los cambios interanuales de la abundancia en función tanto del esfuerzo de pesca como de la abundancia del stock observada en el pasado.

Aunque la literatura sobre el análisis de datos de captura y esfuerzo de pesca contiene los más variados modelos de producción, Schnute (1985), siguiendo a Deriso (1980), los ha clasificado y los ha agrupado en una simple familia que contiene un parámetro que sólo establece la forma de la relación involucrada. A su vez, Schnute (1985) recomienda que la elección entre estos modelos se realice de acuerdo con los métodos de identificación y diagnosis de Box & Jenkins (1970).

En este trabajo, y como una alternativa para el análisis de datos de captura y esfuerzo de pesca, se presentan aspectos teóricos de un enfoque de series de tiempo para establecer la relación entre las capturas o captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo de pesca mediante modelos de función de transferencia. El enfoque, por lo tanto, reconoce que ambas series, captura y esfuerzo de pesca, son series de tiempo y que el orden de ocurrencia y magnitud de las observaciones son consideraciones importantes para identificar modelos particulares.

El desarrollo de tal enfoque se presenta en tres etapas: (a) presentación y definición del modelo general de función de transferencia, (b) demostración de la equivalencia entre éstos con los modelos clásicos de Schaefer (1954) y Fox (1970); y (c) incorporación sistemática de la estructura correlacionada del error a los modelos, mediante el uso de técnicas de análisis de series de tiempo de Box & Jenkins (1970).

## 1. Modelo general de función de transferencia (FT)

La presentación de este capítulo se basa particularmente en los trabajos de Noakes *et al.*

(1987) y de Stocker & Noakes (1988). Según estos autores, el modelo FT general se expresa por

$$(y_t - \mu_y) = \sum_{i=1}^m w_i(B) \{\delta_i(B)\}^{-1} B^{b_i} (x_{ti} - \mu_{xi}) + \theta(B) \{\phi(B)\}^{-1} \varepsilon_t \quad (1)$$

donde  $y_t$  es la variable respuesta o de interés en el tiempo  $t$ ,  $x_{ti}$  es la  $i$ -ésima covariable en el tiempo  $t$ ,  $\mu_y$  y  $\mu_{xi}$  son las medias de  $y_t$  y  $x_{ti}$ , respectivamente; y  $\varepsilon_t$  es una variable error con media cero y una estructura de covarianza ajustada (esta variable puede o no ser correlacionada serialmente) e independiente de  $x_{ti}$  (Vandaele, 1983). Los componentes de función de transferencia del modelo general,  $w_i(B) \{\delta_i(B)\}^{-1} B^{b_i}$ , son representados en términos de polinomios de orden finito

$$w_i(B) = w_{oi} - w_{1i}B - w_{2i}B^2 - \dots - w_{ui} B^{u_i} \quad (2a)$$

$$\delta_i(B) = 1 - \delta_{1i}B - \delta_{2i}B^2 - \dots - d_{ri} B^{r_i} \quad (2b)$$

donde  $w_{oi}$ ,  $w_{1i}$ , ...,  $w_{ui}$  y  $\delta_{1i}$ ,  $\delta_{2i}$ , ...,  $\delta_{ri}$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) son parámetros que deben ser estimados,  $u_i$  y  $r_i$  representa el orden de los polinomios  $w_i(B)$  y  $\delta_i(B)$ , respectivamente; y  $B$  es el operador de rezago tal que  $By_t = y_{t-1}$  y  $B^n y_t = y_{t-n}$ , donde  $n$  es un entero positivo. El término  $B^{b_i}$  es utilizado para tomar en cuenta cualquier rezago en la respuesta asociada con la  $i$ -ésima covariable. Para mayor detalle, la notación y definición de la simbología utilizada en este trabajo se muestra en el Anexo 1.

Las series de covariables,  $x_{ti}$ , son series de tiempo relacionadas con la variable respuesta  $y_t$  en alguna forma. En el caso de análisis de datos pesqueros, la captura o el logaritmo de la captura debería ser la variable respuesta y esfuerzo de pesca o logaritmo del esfuerzo de pesca debería ser una posible covariable.

El componente de ruido estocástico del modelo general,  $\theta(B) \{\Phi(B)\}^{-1} \varepsilon_t$ , se utiliza para modelar la estructura de autocorrelación asociada con los datos. Este término incluye un componente de media móvil de orden  $q$  (MA( $q$ )),  $\theta(B)$  y un operador autorregresivo de orden  $p$  (AR( $p$ )),  $\Phi(B)$ , que se expresan, respectivamente por

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \quad (3)$$

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (4)$$

La combinación de los parámetros de media móvil (MA(q)) y autorregresivos (AR(p)) se refieren a un proceso ARMA(p,q). Como un caso especial, cuando no se incluye en el modelo general (1) una covariable (es decir,  $m = 0$ ), entonces el modelo se reduce a un proceso ARMA univariado (Box & Jenkins, 1970).

En un proceso AR, la observación en el tiempo  $t$  se relaciona linealmente con observaciones anteriores. Un proceso MA expresa la variable de respuesta,  $y_t$ , en términos de errores previos. Mezcla de procesos AR y MA resultan ser un método conveniente y compacto para describir la estructura de autocorrelación presente en una serie de tiempo particular. Inclusive, en el caso especial cuando  $p$  y  $q$  son igual a cero, el modelo ARMA(0,0) resultante implica que las observaciones de la serie de tiempo son independientes.

Modelos ARMA o ARIMA (si la serie fue diferenciada para inducir estacionariedad) han sido utilizados por otros investigadores para modelar datos pesqueros (Mendelssohn, 1981; Noakes *et al.*, 1987; Sails *et al.*, 1980; Stergiou, 1989).

En este contexto, en un modelo de función de transferencia (FT), el rol del investigador es determinar cual de los dos términos deben incluirse. Es decir, el modelo FT debe incluir sólo el componente de función de transferencia y un término de error aleatorio, o sólo el componente de ruido estocástico (el cual puede estar autocorrelacionado), o ambos componentes. Si el componente de función de transferencia no es incluido en el modelo, implica que la transformación requerida para modelar adecuadamente y predecir el fenómeno está solamente contenida dentro de las observaciones o mediciones del fenómeno. La inclusión de uno o más componentes de función de transferencia sugiere que algún mecanismo causal existe entre la variable respuesta y la covariable.

## 2. Equivalencia entre modelos clásicos de producción y modelos de función de transferencia

La teoría subyacente de los modelos de producción ha sido ampliamente revisada en, por

ejemplo, Ricker (1975), Caddy (1980), Gulland (1983), Pitcher & Hart (1982), entre otros. Por lo tanto, no es el objetivo de este trabajo realizar una revisión exhaustiva de la teoría. Asimismo, debido a que existen variados modelos, el análisis de la equivalencia entre modelos de producción y modelos de función de transferencia, dado ciertos supuestos, sólo se analiza para el caso de los modelos clásicos de Schaefer (1954) y Fox (1970), de acuerdo a la relación: (a) abundancia relativa versus esfuerzo, y (b) captura versus esfuerzo.

Se destaca que una vez que se ha definido una unidad de esfuerzo de pesca, el índice más inmediato de la abundancia real de una población, en un período de tiempo  $t$ , corresponde a la captura por unidad de esfuerzo. Esta variable se puede estimar de diferentes maneras según la disponibilidad y naturaleza de los datos (Yáñez & Maritano, 1983).

Bajo condiciones de equilibrio, el modelo de Schaefer (1954) supone que la abundancia de una población declinará linealmente en función de la intensidad de pesca, lo que en términos de la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo total es representado por el siguiente modelo de observación

$$U_{eq} = \alpha - \beta E_{eq} \quad (5a)$$

y la relación captura-esfuerzo por

$$C_{eq} = \alpha E_{eq} - \beta E_{eq}^2 \quad (5b)$$

donde el subíndice "eq" denota condición de equilibrio. Sin embargo, con propósitos prácticos los datos observados de la  $U_t$  y del  $E_t$  ( $t = 1, 2, \dots, n$  años) son ajustados para estimar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ . Luego, las capturas equilibradas se obtienen a través de la ecuación (5b), en un rango de valores de  $E_t$ .

Por otra parte, a menudo los datos observados sobre la  $U_t$  y el  $E_t$  se distribuyen formando una curva cóncava hacia arriba, razón por la cual Fox (1970) propuso un modelo de observación exponencial, representado por

$$U_{eq} = \alpha \exp(-\beta E_{eq}) \quad (6a)$$

$$C_{eq} = \alpha E_{eq} \exp(-\beta E_{eq}) \quad (6b)$$

Luego, los pares de datos  $U_t$  y  $E_t$  son ajustado a una regresión exponencial, previa transformación, para estimar los parámetros y obtener las capturas equilibradas por medio de la ecuación (6b).

En ambos casos, se supone que el modelo ajustado representa una condición promedio que describe los datos constituyendo sólo una aproximación a la condición de equilibrio.

En el ámbito del análisis de datos con modelos de función de transferencia, usualmente sólo modelos particulares basados en el modelo general (ecuación (1)) se utilizan para describir la relación entre la variable de predicción y la variable respuesta. Por ejemplo, en el caso especial cuando  $\theta(B)\Phi\{(B)\}^{-1} = 1$  y se consideran los supuestos mostrados en la Tabla 1, se puede demostrar la equivalencia existente entre los modelos clásicos de producción, (ecuaciones (5) y (6)), con los modelos de función de transferencia.

#### a) Relación entre la captura por unidad de esfuerzo ( $U_t$ ) y el esfuerzo de pesca:

De acuerdo con los supuestos mostrados en la Tabla 1, el modelo lineal se puede expresar como

$$(U_t - \mu_U) = -w_0 (E_t - \mu_E) + \varepsilon_t \quad (7a)$$

$$U_t = (\mu_U + -w_0 \mu_E) - w_0 E_t + \varepsilon_t \quad (7b)$$

$$U_t = A - w_0 E_t + \varepsilon_t \quad (7c)$$

donde A es una función de las medias de la  $U_t$  y del  $E_t$ . Además, las capturas predichas se pueden obtener según la relación simple

$$\hat{C}_t = E_t \hat{U}_t \quad (8)$$

En el caso del modelo exponencial,  $y_t$  en la ecuación (1) debería ser el logaritmo de la captura por unidad de esfuerzo en el tiempo t, y  $x_{1t}$  el esfuerzo de pesca en el tiempo t (Tabla 1), para posteriormente obtener

$$\ln U_t - \mu_U = -w_0 (E_t - \mu_E) + \varepsilon_t \quad (9a)$$

$$\ln U_t = (\mu_U + w_0 \mu_E) - w_0 E_t + \varepsilon_t \quad (9b)$$

$$U_t = \exp(\mu_U \mu_E^{w_0}) \exp(-w_0 E_t + \varepsilon_t) \quad (9c)$$

$$U_t = A \exp(-w_0 E_t + \varepsilon_t) \quad (9d)$$

donde A es una función de la media geométrica,  $\mu_U$  y  $\mu_E$ , y las capturas se pueden predecir a través de la ecuación (8).

Como se puede apreciar, prácticamente no existen diferencias entre los modelos (5a) y (7c) y entre (6a) y (9d). Sin embargo, tal suerte de equivalencia se logra cuando el generador de ruido estocástico,  $\theta(B)\{\Phi(B)\}^{-1}$ , es igual a la unidad (Tabla 1). En efecto, modelos más complejos resultarán cuando el término de error está autocorrelacionado. Por ejemplo, al incorporar un parámetro de media móvil (MA(q)) al modelo lineal, la ecuación (7) quedaría expresada como

$$U_t = A - w_0 E_t + \theta(B) \varepsilon_t \quad (10)$$

y el modelo exponencial (ecuación (9)) por

$$U_t = A \exp(-w_0 E_t + \theta(B) \varepsilon_t) \quad (11)$$

donde  $\theta(B)$  se define en la ecuación (3).

A su vez, al incorporar un proceso autorregresivo de primer orden al modelo lineal (ecuación (7)), i.e.

$$(U_t - \mu_U) = -w_0 (E_t - \mu_E) + \varepsilon_t (1 - \Phi_1 B)^{-1} \quad (12a)$$

luego, al multiplicar por  $(1 - \Phi_1 B)$ , y considerando que  $B U_t = U_{t-1}$ ,  $B E_t = E_{t-1}$ ,  $B \mu_U = \mu_U$ , y  $B \mu_E = \mu_E$ , se obtiene

$$U_t = (1 - \Phi_1)(\mu_U + w_0 \mu_E) - w_0 E_t + \Phi_1 U_{t-1} + \Phi_1 w_0 E_{t-1} + \varepsilon_t \quad (12b)$$

y entonces, el modelo de FT queda expresado por

$$U_t = A - w_0 E_t + \Phi_1 (U_{t-1} + w_0 E_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (12c)$$

Similarmente, el modelo (9) con un parámetro autorregresivo, resultaría como

$$U_t = A^{(1-\Phi_1)} U_{t-1}^{\Phi_1} \exp(-w_0 E_t + \Phi_1 w_0 E_{t-1} + \varepsilon_t) \quad (13)$$

Además, puede ocurrir que a veces sea necesario considerar un proceso mixto o proceso



AR y MA de primer orden, respectivamente (ver más adelante). De acuerdo con esto, la incorporación sistemática de la estructura autocorrelacionada del error podría generar modelos que pueden resultar más apropiados para analizar los datos disponibles.

**b) Relación entre las capturas ( $C_t$ ) y el esfuerzo de pesca ( $E_t$ ):**

Debido a que a veces puede resultar conveniente establecer la relación que existe entre la captura y el esfuerzo de pesca, sin considerar la captura por unidad de esfuerzo debido a la posible autocorrelación en el ajuste de los modelos, se puede demostrar la equivalencia entre los modelos de producción (ecuaciones (5b) y (6b)) y los modelos de función de transferencia, dado los supuestos mostrados en la Tabla 1, para finalmente incorporar la estructura correlacionada del error a los modelos.

Si  $y_t$  es el logaritmo de las capturas en el tiempo  $t$ ,  $x_{t1}$  es el logaritmo del esfuerzo de pesca en el tiempo  $t$ , y además si el esfuerzo de pesca sin transformar se incluye como una segunda covariable (i.e.,  $x_{t2} = E_t$ ;  $m=2$ ) entonces el modelo general pasa a ser equivalente al modelo de producción exponencial de Fox (1970) (ecuación (6b)), es decir

$$(\ln C_t - \mu_c) = (\ln E_t - \mu_1) - \beta (E_t - \mu_2) + \varepsilon_t \quad (14a)$$

$$C_t = A E_t \exp(-\beta E_t + \varepsilon_t) \quad (14b)$$

donde  $A$  es una función de  $\mu_c, \mu_1$  y  $\mu_2$ , siendo los últimos dos las medias correspondientes al logaritmo del esfuerzo y esfuerzo respectivamente.

Un modelo de función de transferencia, similar al de la ecuación (5b), puede ser obtenido si las capturas se analizan para  $x_{t1} = E_t$  y  $x_{t2} = E_t^2$  ( $m=2$ , Tabla 1); esto es

$$(C_t - \mu_c) = \alpha (E_t - \mu_1) - \beta (E_t^2 - \mu_2) + \varepsilon_t \quad (15a)$$

$$C_t = A + \alpha E_t - \beta E_t^2 + \varepsilon_t \quad (15b)$$

donde  $A$  es una función de  $\mu_c, \mu_1$ , y  $\mu_2$ , siendo los últimos dos términos las medias de la serie del esfuerzo de pesca y del esfuerzo de pesca al cuadrado respectivamente.

La incorporación de un parámetro autorregresivo a la ecuación (14b), quedaría expresada como

$$(\ln C_t - \mu_c) = (\ln E_t - \mu_1) - \beta (E_t - \mu_2) + \varepsilon_t (1 - \phi_1 B)^{-1} \quad (16a)$$

donde  $\mu_1$  es la media de la serie  $\ln E_t$  y  $\mu_2$  es la media de la serie  $E_t$ . Al resolver la ecuación (16a) para  $C_t$ , se obtiene la siguiente expresión

$$C_t = A^{(1-\phi_1)} E_t^{-\phi_1} E_{t-1}^{\phi_1} C_{t-1} \exp[-(1-\phi_1 B)\beta E_t + \varepsilon_t] \quad (16b)$$

Por otra parte, un proceso mixto o proceso AR y MA puede también ser considerado. Así por ejemplo, un modelo de función de transferencia con un proceso ARMA(1,1) para el caso del modelo de Fox (1970), resultaría como

$$C_t = A^{(1-\phi_1)} E_t^{-\phi_1} E_{t-1}^{\phi_1} C_{t-1} \exp[-(1-\phi_1 B)\beta E_t] \exp[(\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1})] \quad (17)$$

donde  $\phi_1$  y  $\theta_1$  son los parámetros AR y MA de primer orden, respectivamente.

Se destaca que es improbable que más de un total de dos parámetros AR o MA pueda ser

Tabla 1. Supuestos empleados para formular el modelo de función de transferencia general como modelos de producción clásicos.

Assumptions used in the formulation of the general function transfer noise model as a classic fishery production model.

Modelo	$y_t$	$m$	$x_{t1}$	$x_{t2}$	$w_{01}$	$w_{02}$	$\theta(B) \Phi(B)^{-1}$
a) Captura por unidad de esfuerzo versus esfuerzo:							
Lineal	$U_t$	1	$E_t$	-	$w_0$	-	1
Exponencial	$\ln U_t$	1	$E_t$	-	$w_0$	-	1
b) Captura versus esfuerzo:							
Exponencial	$\ln C_t$	2	$\ln E_t$	$E_t$	1	$\beta$	1
Parábola	$C_t$	2	$E_t$	$E_t^2$	$\alpha$	$\beta$	1

justificado, tanto desde un punto de vista biológico como estadístico. En la práctica, los modelos más comunes incluirían sólo un proceso AR, un parámetro MA, o uno de cada uno. No obstante, la extensión de cada modelo para obtener procesos autorregresivos de orden  $p$  y parámetros de media móvil de orden  $q$ , se puede generalizar fácilmente.

## DISCUSION

Se ha desarrollado un enfoque de análisis de series de tiempo para analizar datos de captura y esfuerzo de pesca provenientes de la explotación comercial de un recurso. El método considera y explota el factor que tanto los datos de captura y esfuerzo de pesca son series de tiempo y que el orden de ocurrencia y magnitud de las observaciones son de notable interés para el desarrollo de modelos particulares, basados en el modelo general. De esta manera, la relación captura por unidad de esfuerzo versus esfuerzo, o captura versus esfuerzo se formula a través de un modelo de función de transferencia y técnicas de análisis de series de tiempo (Box & Jenkins, 1970; Vadaele, 1983), que se utilizan para incorporar la estructura correlacionada del error sistemáticamente.

Se destaca que una formulación similar para el análisis de la relación entre el reclutamiento y el tamaño del stock fue formulada por Noakes *et al.* (1987), quien demuestra que los modelos FT aplicado a los datos de reclutamiento y stock desovante del arenque del Mar del Norte (*Clupea harengus*) y "halibut" (*Hippoglossus stenolepis*) resultaron en un mejor ajuste estadístico, en términos de varianza residual, que los modelos clásicos o ARMA univariados. Por lo tanto, se esperaría que tal conclusión pueda extenderse al análisis de los datos de captura y esfuerzo.

Además, la gran ventaja que puede presentar el analizar datos de captura o captura por unidad de esfuerzo versus esfuerzo mediante modelos de función de transferencia, radica en el hecho de poder describir apropiadamente la estructura de autocorrelación de las series de tiempo, a través de la incorporación de parámetros autorregresivos y de medias móviles. En efecto, la mayor limitante en la aplicación de los modelos clásicos de producción es el con-

cepto de equilibrio bajo el cual fueron derivados. Así, Gulland (1971) sugirió relacionar la captura por unidad de esfuerzo del año  $t$  con el esfuerzo de pesca promediado sobre algunos años previos; en tanto Fox (1975) propuso utilizar promedios ponderados por el número de clases de edad que contribuye significativamente a las capturas.

En este contexto, el requisito de condición de equilibrio presente en los datos puede ser parcialmente superado con la aplicación de modelos de función de transferencia al incluir procesos autorregresivos (ecuaciones (12), (13) y (16)), ya que bajo esta formulación se toma en cuenta el pasado de la pesquería. De esta manera, los modelos de función de transferencia derivados en este trabajo, provee una aproximación general para analizar la información disponible a través de un modelo lineal simple y estocástico.

Además, se destaca que las herramientas estadísticas expuestas son de enorme potencial, sobre todo cuando en una pesquería otros factores distintos al esfuerzo de pesca pueden tener algún mecanismo causal. Tal es el caso de la incorporación de variables derivadas del ambiente físico, como temperatura superficial del mar, índices de surgencia y turbulencia entre otros, que han sido incorporados a los modelos de producción para explicar de mejor manera las fluctuaciones en las capturas (e.g. Freon, 1983; Freon *et al.*, 1991; Yáñez, 1991). Asimismo, componentes de baja frecuencia, que pueden provocar cambios sobre cortos períodos de tiempo (p. ej. El Niño, vedas temporales, o cierre de pesquerías), podrían ser tratados a través de análisis de intervención para explicar las fluctuaciones de la variable respuesta.

Por ejemplo, Noakes (1986) cuantifica los cambios en *Cancer magister* de British Columbia a través del análisis de intervención; en tanto, Fogarty (1989) presenta aplicaciones para predecir capturas y abundancia de invertebrados explotados a través del uso de modelos ARIMA, función de transferencia y análisis de intervención.

De acuerdo a lo expuesto, se reconoce una manera fácil de aplicar e interpretar los modelos de función de transferencia en el ámbito del análisis de pesquerías. Sin embargo, se debe recordar las etapas para la obtención de un

modelo particular; esto es, procedimientos de identificación, estimación y diagnóstico (Vandaele, 1983; Stergiou, 1989; Noakes *et al.* 1987). Asimismo, el análisis de correlación cruzada se debe ejecutar para determinar cuál serie incorporar al modelo y las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial para identificar el orden de los procesos AR y MA (Vandaele, 1983). Además, como lo recomienda Box & Jenkins (1970), en algunas oportunidades será necesario ejecutar un “preblan-

queado” para eliminar la estructura de cada variable, y luego realizar el análisis de correlación cruzada considerando los residuos de ambas variables, para identificar los modelos particulares.

Finalmente, después de estimar los parámetros del modelo identificado, la estructura de los residuos debe ser examinada para asegurar que estos sean normalmente independientes e idénticamente distribuidos con media cero y varianza constante.

#### ANEXO 1. Notación y simbología utilizada.

Notation and symbols used.

Parámetro	Definición
A	Constante de proporcionalidad.
AR(p)	Modelo autorregresivo de orden p.
ARMA(p,q)	Modelo autorregresivo de media móvil, con p AR y q MA términos.
$b_i$	Tiempo de rezago asociado con la i-ésima covariable o serie de intervención.
B	Operador de rezago.
$C_t$	Captura en el tiempo t.
$E_t$	Esfuerzo de pesca en el tiempo t.
$\epsilon_t$	Componente de ruido blanco en el tiempo t, distribuido normal e independiente con media cero y varianza constante.
m	Número de series covariables y/o componentes de intervención incluidas en el modelo de función de transferencia.
MA(q)	Modelo de media móvil de orden q.
p	Orden del operador autorregresivo no estacional.
q	Orden del operador de media móvil no estacional.
$r_i$	Orden del polinomio $\delta_i(B)$ , en el i-ésimo componente de función de transferencia.
t	Período de tiempo discreto.
$U_t$	Captura por unidad de esfuerzo o índice de abundancia relativa en el tiempo t.
$u_i$	Orden del polinomio $w_i(B)$ , en el i-ésimo componente de función de transferencia.
$x_t$	Valor de la covariable o serie de intervención en el tiempo t (cuando m=1).
$x_{it}$	Valor de la i-ésima covariable o serie de intervención en el tiempo t (cuando m>1).
$y_t$	Valor de la variable respuesta en el tiempo t.
$\alpha$	Constante de proporcionalidad en los modelos clásicos de producción.
$\beta$	Coefficiente aritmético en los modelos clásicos de producción.
$\delta_{ji}$	J-ésimo parámetro asociado con el polinomio $\delta_i(B)$ , en el i-ésimo componente de función de transferencia.
$\delta_i(B)$	Denominador del i-ésimo operador de función de transferencia.
$\theta_i$	I-ésimo parámetro de media móvil no estacional.
$\theta(B)$	Operador de media móvil no estacional de orden q.
$\sigma^2$	Varianza de $\epsilon_t$ .
$\Phi_i$	I-ésimo parámetro autorregresivo no estacional.
$\Phi(B)$	Operador autorregresivo de orden p.
$w_{ji}$	J-ésimo parámetro asociado con el polinomio $w_i(B)$ en el i-ésimo componente de función de transferencia.
w(B)	Numerador del i-ésimo operador de función de transferencia.

## LITERATURA CITADA

- BOX, G.E.P. & G.M. JENKINS. 1970. Time series analysis: Forecasting and Control, Holden Day Inc., San Francisco, CA.
- CADDY, J.F. 1980. Surplus production models. In: Selected lectures from the CIDA/FAO/CECAF seminar on fishery resource evaluation, FAO/TF/INT 180 (c) Suppl.: 29-55.
- DERISO, R.V. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age structured model. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37:268-282.
- FOGARTY, M.J. 1989. Forecasting yield and abundance of exploited invertebrates. In: Marine Invertebrates Fisheries, their assessment and management, J.F. Caddy (Ed.), John Wiley & Sons, pp. 701-724.
- FOX, W.W. 1970. An exponential yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Am. Fish. Soc. 99:80-88.
- FOX, W.W. 1975. Fitting the generalized stock production model by least-squares and equilibrium approximation. Fish. Bull. 73(1):23-26.
- FREON, P. 1983. Production models as applied to sub-stocks depending on upwelling fluctuations. In: Proceeding of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources, G.D. Sharp & J. Csirke (Eds.), FAO Fish Rep 291(3):1047-1064.
- FREON, P., C. MULLON & G. PICHON. 1991. CLIMPROD: a fully interactive expert-system software for choosing and adjusting a global production model which accounts for changes in environmental factors. In: Long-term variability of pelagic fish populations and their environment, T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (eds.), Pergamon Press, pp. 347-357.
- GRAHAM, 1935. Modern theory of exploiting a fishery and the overfishing problem. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer 110 (2): 15-20.
- GULLAND, J.A. 1971. The fish resources of the oceans. West Byfleet, Surrey. Fishing News Books Ltd. for FAO: 225 Rev. ed. of FAO Fish Tech. Pap. (97): 45 p.
- GULLAND, J.A. 1983. Fish stock assessment: a manual of basic methods. Chichester, U.K., Wiley Interscience, FAO/Wiley series on food and agriculture, Vol. 1: 223 p.
- MENDELSSOHN, R. 1981. Using Box-Jenkins models to forecast fishery dynamics: identification, estimation and checking. Fish. Bull. 78:887-896.
- NOAKES, D.J., D.W. WELCH & M. STOCKER. 1987. A time series approach to stock-recruitment analysis: transfer function noise modelling. Nat. Resour. Model. 2:213-233.
- NOAKES, D.J. 1986. Quantifying changes in British Columbia Dugeness crab (*Cancer magister*) landings using intervention analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 634-639.
- PELLA, J.J. & P.K. TOMLINSON. 1969. A generalized stock production model. Interamerican Tropical Tuna Comm., Bull. 13:419-496.
- PITCHER, T.J. & P.J.B. HART. 1982. Fisheries ecology. The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut. 414 p.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191: 382 p.
- SAILA, S.B., M. WIGBOUT & R.J. LERMIT. 1980. Comparison of some time series models for the analysis of fisheries data. J. Cons. int. Explor. Mer, 39:44-52.
- SCHAEFER, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Interamerican Tropical Tuna Comm., Bull 1: 25-56.
- SCHAEFER, M.B. 1957. A study on the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. Interamerican Tropical Tuna Comm., Bull. 2:247-268.
- SCHNUTE, J. 1977. Improved estimates from the Schaefer production model: theoretical considerations, J. Fish. Res. Board Can. 34:583-603.
- SCHNUTE, J. 1985. A general theory for analysis of catch and effort data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 419-429.
- STERGIOU, K.I. 1989. Modelling and forecasting the fishery for pilchard (*Sardina pilchardus*) in the Greek waters using ARIMA time-series models. J. Cons. int. Explor. Mer, 46:16-23.
- STOCKER, M. & D.J. NOAKES. 1988. Evaluating forecasting procedures for predicting Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) recruitment in British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45(6):928-935.
- VANDAELE, W. 1983. Applied time series model and Box-Jenkins models. Academic Press, USA, Orlando, 417 p.
- WALTER, G.G. 1975. Graphical methods for estimating parameters in simple models of fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 32: 2163-2168.
- YÁÑEZ, E. & L. MARITANO. 1983. Análisis histórico (1971-1980) de la pesquería pelágica de la zona norte de Chile (18° 20'S-24° 00'S) y estimación del estado de los recursos explotados. In: Análisis de pesquerías chilenas, P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, pp. 161-177.
- YÁÑEZ, E. 1991. Relationships between environmental changes and fluctuating major pelagic resources exploited in Chile (1950-1988). In: Long-term variability of pelagic fish populations and their environment, T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (eds.), Pergamon Press, pp. 301-309

# DETERMINACION DE LA TALLA DE MADUREZ SEXUAL Y FECUNDIDAD PARCIAL EN LA SARDINA COMUN, *STRANGOMERA BENTINCKI* (NORMAN, 1936), DEL AREA DE TALCAHUANO, CHILE.

## DETERMINATION OF THE SIZE AT SEXUAL MATURITY AND BATCH FECUNDITY IN COMMON SARDINE, *STRANGOMERA BENTINCKI* (NORMAN, 1936), OFF TALCAHUANO, CHILE.

---

Hugo Arancibia, Luis Cubillos, Jorge Remmaggi y Rubén Alarcón

### RESUMEN

Se determina la talla de madurez sexual y la fecundidad parcial en *Strangomera bentincki* con muestras obtenidas de Chile central en el período de desove, en 1991. La longitud de primera madurez sexual (criterio del 50% de hembras maduras) correspondió a 11 cm de longitud total. La fecundidad parcial promedio es 12.059 ovocitos por hembra, y la fecundidad relativa promedio es 388 ovocitos por gramo (peso sin ovario). La relación entre la fecundidad parcial (F, número de ovocitos) y el peso total (PT, gramos) del pez queda expresada por la función  $F = 3.194,51 \text{ EXP}(0,039 \cdot \text{PT})$ .

*Palabras claves:* Reproducción, índice gonadosomático, fecundidad parcial.

### ABSTRACT

The size at maturity and batch fecundity in common pilchard, *Strangomera bentincki*, off central Chile are determined with samples from the spawning season, in 1991. The size at first maturity (criterium of 50% of mature females) is at 11 cm of total length. The batch fecundity is 12,059 oocytes by female, and the relative fecundity is 388 oocytesgram<sup>-1</sup> (without ovary). The relationship between batch fecundity (F, number of oocytes) and total weigh (TW, grams) is described by the formula  $F = 3,194.51 \text{ EXP}(0.039 \cdot \text{TW})$ .

*Key words:* Reproduction, gonadosomatic index, batch fecundity.

Fecha de recepción: 30 - 12 - 93. Fecha de aceptación: 25 - 7 - 94.

### INTRODUCCION

La pesca industrial de cerco en Chile central es la más importante del país, debido a los altos niveles de desembarques alcanzados (48% del desembarque total nacional en 1992). Esta pesquería centra su esfuerzo en el jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), siguiéndole en importancia la sardina común (*Strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*).

Después de un largo período de capturas bajas, entre 1975 y 1988 (Cubillos & Arancibia, 1993), la sardina común se ha constituido nuevamente en un importante recurso pesquero pelágico del área de Talcahuano; en 1991, las capturas, alrededor de 565 mil toneladas presentaron un fuerte incremento (34%) respecto del año 1990, aunque en 1992 descendieron en 18% (SERNAP, 1991, 1992, 1993).

Debido a que las capturas de *S. bentincki* son altamente dependientes del reclutamiento, que ocurre en primavera y verano, se ha señalado que el incremento de las capturas en los últimos años es consecuencia de una serie de reclu-

tamientos fuertes (Cubillos & Arancibia, 1993). Actualmente, se observa una juvenilización de las capturas y una tendencia decreciente en la biomasa del stock adulto (Cubillos y Arancibia, *op. cit.*).

En atención a la importancia de *S. bentincki* como recurso pesquero regional, es necesario actualizar la información biológica básica para eventuales medidas de su ordenamiento pesquero. Por lo tanto, los objetivos del presente trabajo son: (1) actualizar la información respecto de la talla de madurez sexual de *S. bentincki* y su época principal de desove, y (2) estimar su fecundidad parcial, la que no ha sido analizada anteriormente para esta especie.

## MATERIALES Y METODOS

Los individuos de *S. bentincki* fueron muestreados periódicamente de los desembarques de

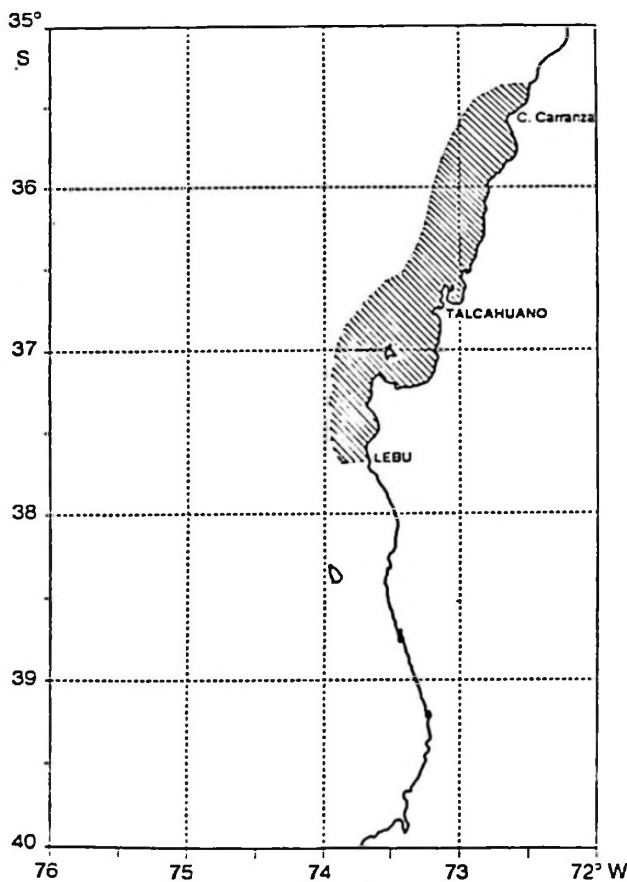


Figura 1. Área principal de pesca de *S. bentincki* en la zona centro-sur de Chile. Fuente: Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, 1992.

Fishing area of *S. bentincki* in central-southern Chile. Source: Fisheries Research Institute at Talcahuano, Chile, 1992.

embarcaciones cerqueras que operaron en la zona comprendida entre 35°40' L.S y 37°10' L.S (Fig. 1), desde agosto a octubre de 1991. El número de hembras analizadas fue de 1.420; a cada ejemplar se le determinó la longitud total (LT; precisión 0,5 cm) y el peso total (PT; precisión 0,1 g). Además, en las hembras se registró el peso de la gónada y su estado de madurez sexual, según una escala macroscópica modificada de seis puntos para reproductores parciales (Holden y Raitt, 1975 *vide* Oliva *et al.*, 1986)(Tabla 1).

La época de desove fue determinada sobre la base del comportamiento de tres índices, a saber:

a) Índice gonádico (Ig), que se define como

$$Ig = \left( \frac{Pg}{LT^3} \right) \cdot 10000 \quad (1)$$

donde Pg es el peso de la gónada (g); LT es la longitud total (cm).

b) Factor de Condición Corregido (Kc). Este elimina el efecto del ovario y refleja el verdadero estado fisiológico del pez durante el período de desove. Su expresión es

$$Kc = \left[ \frac{(PT - Pg)}{LT^3} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

donde PT es el peso total del individuo (g); Pg y LT han sido definidos anteriormente.

c) Índice Gonadosomático (IGS), que se define como

$$IGS = \frac{Pg}{(PT - Pg)} \cdot 100 \quad (3)$$

donde Pg y PT han sido definidos previamente.

La talla de madurez sexual fue determinada según el criterio del Incremento Relativo del Índice Gonadosomático (Finucane & Collins, 1984; *vide* Padilla *et al.*, 1990), identificándose ésta a través del mayor incremento del IGS entre grupos de tallas consecutivos de medio centímetro de longitud total.

El incremento relativo del índice gonadosomático (IR.IGS) se define como:

$$IR. IGS = \frac{(IGS_{j+1} - IGS_j)}{IGS_j} \cdot 100 \quad (4)$$

donde  $IGS_{j+1}$  es el índice gonadosomático promedio de la clase de tamaño  $j+1$ ;  $IGS_j$  es el índice gonadosomático promedio de la clase de tamaño  $j$ .

Además, la talla de primera madurez sexual se determinó a través del criterio del 50% de

hembras maduras, de acuerdo a lo descrito por Coello & Arriaga (1989) y Hernández & Cordo (1986, *vide* Alarcón & Arancibia, en prensa). Para este efecto, se consideró maduras aquellas hembras cuyas gónadas se encontraron en los estados III, IV y V (Tabla 1). La expresión utilizada es una función de tipo logística, cuya forma es:

$$P_{LT} = \frac{100}{[1 + e^{-(a + b \cdot LT)}]} \quad (5)$$

Tabla 1. Escala empírica de madurez sexual (EMS) para hembras de *S. bentincki* basada en Holden & Raitt (1975) *vide* Oliva *et al.* (1986).

Empirical scale of sexual maturity (EMS) for females of *S. bentincki*, based in Holden & Raitt (1975) *vide* Oliva *et al.* (1986).

EMS	ESTADO	ASPECTO GENERAL
I	Inmaduro	Ovarios cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal; rosáceos, translúcidos, ovocitos invisibles a simple vista.
II	Virgen madurando, en recuperación.	Ovarios que alcanzan casi la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Color rosado y ovocitos invisibles a ojo desnudo.
III	Madurando	Ovarios cubren cerca de 2/3 de la cavidad abdominal. Color rosado a amarillo. Aspecto granular; ovocitos visibles.
IV	Maduro	Ovario turgente, de gran volumen, con zonas translúcidas, 2/3 de la cavidad abdominal; de color anaranjado opaco, al presionar fluyen ovocitos hidratados. Grandes huevos maduros, transparentes. Vasos sanguíneos superficiales visibles.
V	Hidratado	El ovario ocupa toda la cavidad abdominal. Color rosado, casi transparente; vasos sanguíneos superficiales poco visibles; huevos transparentes y su volumen se ha duplicado en relación a los ovocitos maduros.
VI	En regresión	Ovario flácido, distendido, contraído a la mitad de la cavidad abdominal. Paredes delgadas, flojas y lumen grande. Pueden aún contener restos de huevos opacos, maduros, en desintegración, oscurecidos o translúcidos; muy sanguinolentos. Este ovario pasa a II.

donde  $P_{LT}$  es la proporción de hembras sexualmente maduras a la longitud total  $LT$ ;  $a$  y  $b$  son constantes. El ajuste se realizó mediante el paquete computacional FISHPARM (Saila *et al.*, 1988).

Inmediatamente antes del desove, los ovocitos que han completado el proceso vitelogénico comienzan a adquirir fluidos; en consecuencia, aumentan su volumen, considerándose éste el término de su desarrollo. Se supone que todos estos ovocitos hidratados serán liberados en el actual período de desove (Hunter & Goldberg, 1980). La estimación de la fecundidad parcial se basó en la identificación y cuantificación de ovocitos

hidratados (Hunter & Goldberg, 1980; Alheit & Alegre, 1986; Alarcón & Arancibia, en prensa).

Se separó aquellas hembras con ovarios hidratados, las que se corresponden con el estado V de la escala propuesta por Holden & Raitt (1975 *vide* Oliva *et al.*, 1986), adaptada para los propósitos de este trabajo (Tabla 1). Los ovarios fueron conservados en solución de 10% de formalina comercial. Como resultado del proceso de fijación ocurrió un incremento del 8,9% en el peso de los ovarios en relación al peso fresco, por lo que se aplicó esta constante como factor de corrección a los datos de peso del material fijado.

Para el recuento de ovocitos hidratados se tomaron tres submuestras del ovario derecho, una de la parte anterior, otra de la parte media y la última de la región posterior (Alheit & Alegre, 1986), de aproximadamente medio gramo cada una, las que fueron pesadas independientemente, con 1 mg de sensibilidad. El número total de ovocitos hidratados de cada gónada se calculó de acuerdo a la siguiente expresión (Oliva *et al.*, 1986)

$$F = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_i}{WS_i}\right) * W_o \quad (6)$$

donde F es la fecundidad parcial (número de ovocitos hidratados por hembra);  $H_i$  es el número de ovocitos de la submuestra  $i$ ;  $WS_i$  es el peso de la submuestra  $i$  (g);  $W_o$  es el peso del ovario (g);  $n$  es el número de las submuestras.

## RESULTADOS

El rango de tamaños de hembras de *S. bentincki* analizadas estuvo comprendido entre 4 y 19 cm de longitud total (promedio: 14 cm; desviación estándar: 2,2 cm). El número de hembras examinadas fue de 1.420 (Tabla 2). En agosto de 1991 predominaron los estados de madurez III y IV; en septiembre y octubre predominó el estado de madurez II.

En la determinación de la talla de madurez sexual se consideró sólo hembras capturadas en la época de máxima actividad ovárica, la que ocurrió en agosto de 1991. El índice gonadosomático promedio (sin considerar hembras hidratadas) fue de 7,93% ( $n = 596$ ; desviación estándar = 5,10; Fig. 2).

Tabla 2. Frecuencia (porcentual y numérica) de hembras de *S. bentincki* por estado de madurez sexual (EMS), entre agosto y octubre de 1991. Para detalles de EMS, ver Tabla 1.

Number and percentage of females of *S. bentincki* by sexual maturity stage (EMS), from August to October, 1991. See Table 1 for details of EMS.

EMS	Agosto (%) (n°)		Septiembre (%) (n°)		Octubre (%) (n°)	
I	0	0	33,0	98	0,6	3
II	19,5	116	47,0	139	71,8	379
III	29,3	175	16,9	50	9,0	48
IV	34,3	204	3,1	9	6,3	33
V	15,1	90	0	0	0,2	1
VI	1,8	11	0	0	12,1	64
Total	100,0	596	100,0	296	100,0	528

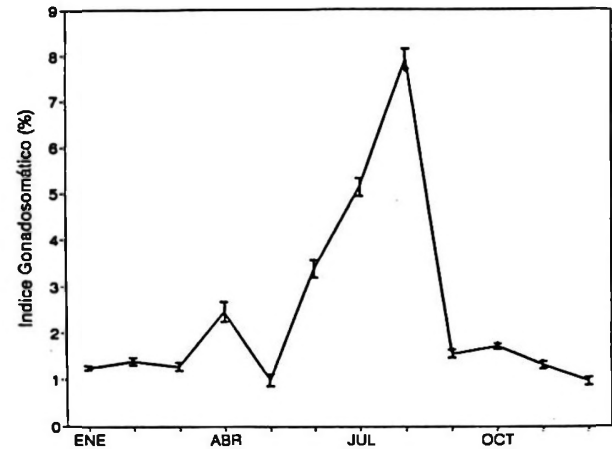


Figura 2. Índice gonadosomático promedio mensual en *S. bentincki*, entre enero y diciembre de 1991. Las barras verticales señalan  $\pm 1$  error estándar.

Mean monthly gonadosomatic index in *S. bentincki*, from January to December, 1991. The vertical bars show  $\pm 1$  standard error.

La talla de primera madurez, determinada por el método del mayor Incremento Relativo del IGS promedio (IR.IGS), corresponde a 10 cm de LT (Tabla 3), con un incremento de 109,8%. Por otro lado, la talla de madurez determinada a través del método de 50% de hembras maduras ( $LT_{50\%}$ ), proporciona un valor de 11 cm de LT (Fig. 3).

Tabla 3. Índice gonadosomático promedio (IGS) por clase de longitud total en hembras de *S. bentincki*, en agosto de 1991.

Mean gonadosomatic index (IGS) by total length classes in females of *S. bentincki*, August 1991.

Longitud Total (cm)	Frecuencia	IGS	Incremento del IGS (%)
8,5	1	0,00	0,0
9,0	0	0,00	0,0
9,5	3	1,35	0,0
10,0	23	2,84	109,8
10,5	50	3,10	9,5
11,0	56	3,90	25,5
11,5	46	4,81	23,5
12,0	40	6,59	36,8
12,5	22	5,26	-20,1
13,0	5	8,33	58,3
13,5	4	7,34	-11,8
14,0	13	8,47	15,3
14,5	35	8,69	2,6
15,0	41	10,18	17,1
15,5	57	8,49	-16,6
16,0	78	9,41	10,9
16,5	51	9,49	0,8
17,0	31	12,06	27,1
17,5	12	10,09	-16,3
18,0	1	7,71	-23,6



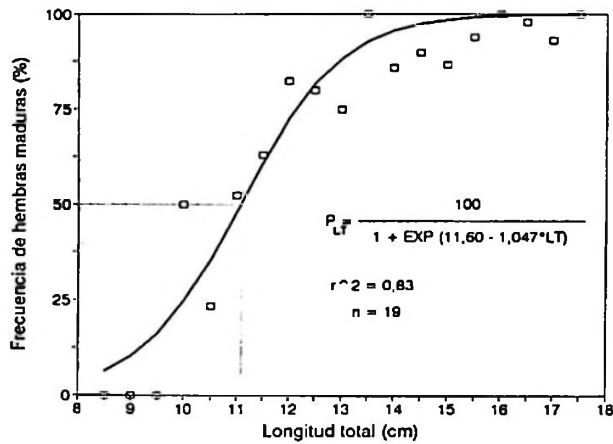


Figura 3. Talla de madurez sexual según el criterio de 50% de hembras maduras en *S. bentincki* del área de Talcahuano (agosto de 1991). Los cuadrados señalan la frecuencia observada y la línea señala el ajuste dado por la Ecuación 5.

Length at sexual maturity according with criterium of 50% of mature females in *S. bentincki* and the line indicates the predicted values according to Equation 5.

En 1991, el desove principal de *S. bentincki* ocurrió en agosto, lo que se refleja en el brusco descenso del IGS en septiembre (Fig. 2); en agosto, el 78,7% de las hembras analizadas se encontraban maduras, alcanzando a 20% en septiembre y 15,5% en octubre como (Tabla 2). En agosto de 1991 se observaron los valores más altos de IGS e Ig (Tabla 4), con promedios de 7,93% y 5,54%, respectivamente, confirmando una alta actividad ovárica. Contrariamente, el factor de condición corregido presenta los valores más bajos del período en estudio ( $Kc = 0,76\%$ ), indicando un alto gasto energético en el proceso reproductivo.

Tabla 4. Promedio mensual del Índice Gonadosomático (IGS), Factor de Condición Corregido (Kc) e Índice Gonádico (Ig), entre agosto y octubre de 1991.

Mean monthly gonadosomatic index (IGS), Condition Factor without ovary (Kc) and Gonadic Index (Ig), from August to October, 1991.

	Agosto	Septiembre	Octubre
IGS (%)	7,93	1,30	1,70
Kc (%)	0,76	0,91	0,89
Ig (g/cm <sup>3</sup> )	5,54	1,20	1,50

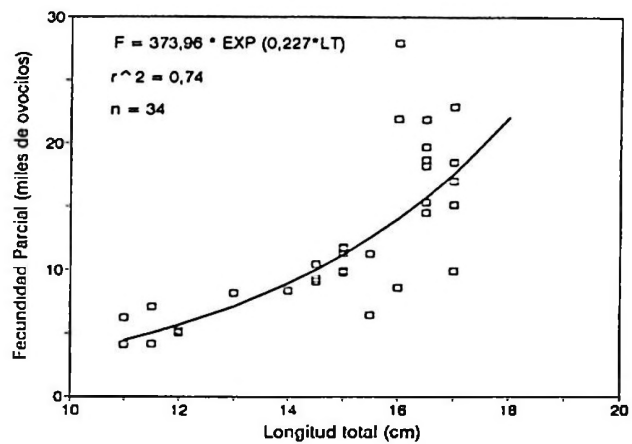


Figura 4. Relación entre la fecundidad parcial y la longitud total de *S. bentincki*; agosto de 1991 ( $p < 0,05$ ).

Batch fecundity / total length relationship in *S. bentincki*, August 1991 ( $p < 0,05$ ).

La fecundidad parcial en hembras hidratadas, cuyas tallas fluctuaron entre 11 y 17 cm de LT, varió de 4.157 a 27.907 ovocitos hidratados por hembra (promedio de  $12.059 \pm 2.089$ ). Tanto la relación entre la fecundidad parcial y la longitud total (Fig. 4), como la relación entre la fecundidad parcial y el peso total de las hembras (Fig. 5), se ajustan mejor a modelos exponenciales.

Durante el período de máximo desove, en agosto de 1991, la frecuencia de hembras con ovocitos hidratados fue de 15,1%. Entonces, siguiendo a Hunter & Goldberg (1980) y Macewicz & Hunter (1993, manuscrito), esto es, con el supuesto de que todos los ovocitos hidratados serán desovados, nosotros postula-

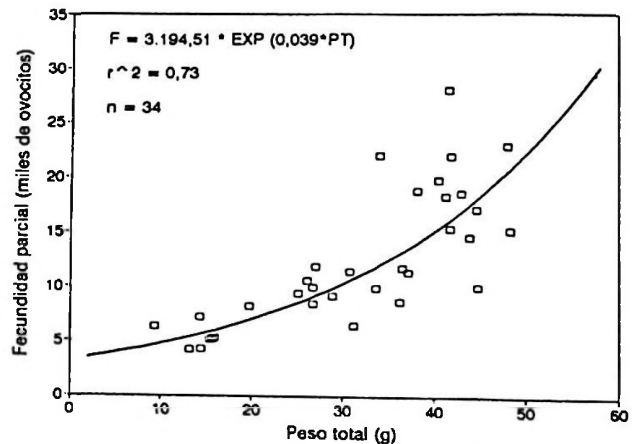


Figura 5. Relación entre la fecundidad parcial y el peso total de *S. bentincki*; agosto de 1991 ( $p < 0,05$ ).

Batch fecundity / total weight relationship in *S. bentincki*, August 1991 ( $p < 0,05$ ).

mos que en agosto de 1991 cada hembra de *S. bentincki* desovó una vez por semana, en promedio, con 4 a 5 tandas en la estación de desove.

## DISCUSION

Según Balbontín & Fischer (1981), un mayor porcentaje en los estados madurando, maduro e hidratado, señalados como III, IV y V, respectivamente (Tabla 1), es un indicador del aumento de la actividad ovárica, con un paulatino desarrollo de los ovocitos, proceso que es previo al evento de desove. Un aumento en la frecuencia de los estados VI (en regresión) y II (virgen o en recuperación) manifiesta el término del período de desove, como efectivamente ocurrió en septiembre y octubre de 1991 en *S. bentincki*.

Los resultados del presente trabajo, respecto de la época de desove de *S. bentincki*, identificada en invierno, concuerdan parcialmente con lo informado por Brandhorst & Rojas (1965 *vide* Serra *et al.*, 1979), Aguayo & Soto (1978), Serra *et al.* (*op. cit.*), Arrizaga (1981) y Mujica & Rojas (1984) (Tabla 5). Probablemente, la extensión del período de desove en cada año depende de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura del hábitat, de cuyos registros no disponemos, así como de la estructura demográfica del stock.

La longitud de primera madurez sexual determinada en el presente estudio, de 10 cm (método del incremento relativo del IGS) u 11 cm (método del 50% de hembras maduras), concuerda con lo comunicado por Arrizaga (1981) y Mujica y Rojas (1984), quie-

Tabla 5. Epocas de desove de *S. bentincki* informadas por varios autores.

Spawning periods of *S. bentincki* reported by several authors.

Autor	Epoca de Desove
Brandhorst & Rojas (1965)	Junio-Septiembre
Aguayo & Soto (1978)	Junio-Septiembre
Serra <i>et al.</i> (1979)	Junio-Septiembre
Arrizaga (1981)	Junio-Septiembre
Mujica & Rojas (1984)	Septiembre-Noviembre
Este estudio	Agosto

nes reportan valores de 11 y 10 cm, respectivamente.

La frecuencia de desove de *S. bentincki* determinada en este trabajo es similar a la informada para la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*) por Hunter & Goldberg (1980), e inferior a la señalada por Santander *et al.* (1984), Alheit *et al.* (1984) y Rojas & Oliva (1993) para la anchoveta peruana (*E. ringens*). Coincidentemente, las hembras de estas tres especies desovan cada 6-7 días, en promedio, en la principal estación de desove (Tabla 6). Respecto de la fecundidad parcial de *S. bentincki*, el valor promedio calculado en el presente estudio es inferior a aquellos informados por Santander *et al.* (1984) y Rojas & Oliva (1993) para *E. ringens* de Perú y norte de Chile, respectivamente (Tabla 6).

En relación a la fecundidad relativa, se destaca la similitud entre el valor calculado en el presente estudio para *S. bentincki*, respecto del informado por Hunter & Goldberg (1980) para *E. mordax*. En este mismo sentido, la fecundidad relativa calculada en el presente trabajo es

Tabla 6. Fecundidad parcial promedio (F.P.P.= número de ovocitos por hembra), fecundidad relativa promedio (F.P.R.= número de ovocitos $\cdot$ g<sup>-1</sup>) y frecuencia de desove (F.D.=en porcentaje) de *S. bentincki* y *E. ringens* informadas por varios autores.

Mean batch fecundity (F. P. P. = number of oocytes per female), mean relative fecundity (F. P. R.= number of oocytes  $\cdot$  g<sup>-1</sup>) and spawning frequency (in %) for *S. bentincki* and two *Engraulis* species according to several authors.

Autor	Especie	F.P.P.	F.P.R.	F.D.
Hunter & Goldberg (1980)	<i>E. mordax</i>	—	—	16,00
Santander <i>et al.</i> (1984)	<i>E. ringens</i>	15.401	582,4	16,04
Alheit <i>et al.</i> (1984)	<i>E. ringens</i>	—	—	16,04
Rojas & Oliva (1993)	<i>E. ringens</i>	14.911	717,1	16,49
Este estudio	<i>S. bentincki</i>	12.059	378,0	15,10

significativamente inferior a los valores señalados por Santander *et al.* (1984) y Rojas & Oliva (1993) para *E. ringens* de Perú y norte de Chile, respectivamente.

En este trabajo se reconoce que el IGS es un buen indicador para determinar el máximo período reproductivo en *S. bentincki*, como también su estrecha relación con los diferentes

estados de madurez sexual. Además, el IGS ha permitido incluso determinar la talla de madurez sexual y compararla con el método de 50% de hembras maduras. En ambos casos, se ha omitido el uso de análisis microscópicos de los ovarios. Ello parece no ser necesario para los objetivos planteados, lo que reduce costos y tiempo.

## LITERATURA CITADA

- AGUAYO, M. & S. SOTO. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) en Coquimbo y Talcahuano. Serie Investigación Pesquera (IFOP), 28: 1-55.
- ALARCÓN R. & H. ARANCIBLA. (En prensa). Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848). Revista Ciencia y Tecnología del Mar, CONA.
- ALHEIT, J., V.H. ALARCÓN & B.J. MACEWICZ. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 25: 43-52.
- ALHEIT, J. & B. ALEGRE. 1986. Fecundity of Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. ICES C.M. 1986/H: 60, 12 p.
- ARRIZAGA, A. 1981. Nuevos antecedentes biológicos para la sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki* Norman). Investigación Pesquera (Chile), 31: 59-69.
- BALBONTIN, F. & W. FISCHER. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza *Merluccius gayi*, en la costa de Chile. Revista de Biología Marina, 17(3): 285-334.
- COELLO, S. & L. ARRIAGA. 1989. Aspectos reproductivos de la sardina del sur (*Sardinops sagax*) en aguas ecuatorianas. En: Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Viña del Mar, mayo de 1988. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (Número Especial), 1989: 229-233.
- CUBILLOS, L. & H. ARANCIBLA. 1993. Análisis de la pesquería de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) del área de Talcahuano, Chile. Investigaciones Marinas. 21: 3-21.
- HUNTER, J.R. & S. GOLDBERG. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in the northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin U.S., 77(3): 641-652.
- MACEWICZ, B.J. & J.R. HUNTER. 1993 (no publicado). Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. Manuscrito dactilografiado, 28 p. + 4 tablas + 4 figs.
- MUJICA, A. & O. ROJAS. 1984. Fecundidad y estructura poblacional de sardina común (*Clupea bentincki* Norman). Investigación Pesquera (Chile), 31: 59-69.
- OLIVA, J., W. CARVAJAL & A. TRESIERRA. 1986. Biología reproductiva e histología de gónadas de peces. Editorial Biocence, Trujillo (Perú), 151 p.
- PADILLA, C., G. HERRERA & J. ZAMBRANO. 1990. Revisión de la primera madurez sexual de la sardina española en relación a talla y edad. Revista de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Serie Ciencias del Mar, UNAP (Iquique), 1: 69-79.
- ROJAS, O. & J. OLIVA. 1993. Evaluación del stock desovante de anchoveta de la zona norte por el Método de Producción de Huevos. Programa evaluación directa de recursos pelágicos de la zona norte. Inst. Fom. Pesq. Chile. 37 p. (Figuras y Tablas).
- SAILA, S.B., C.W. RECKSIEK & M.H. PRAGER. 1988. Basic fishery science programs. A compendium of microcomputer programs and manual of operation. Elsevier, New York, 230 p.
- SANTANDER, H., J. ALHEIT & P.E. SMITH. 1984. Estimación de la biomasa desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". Bol. Inst. Mar Perú, Callao. 8: 209-250.
- SERNAP. 1991. Anuario estadístico de pesca 1990. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca, Chile, 191 p.
- SERNAP. 1992. Anuario estadístico de pesca 1991. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca, Chile, 214 p.
- SERNAP. 1993. Anuario estadístico de pesca 1992. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca, Chile, 190 p.
- SERRA, J., O. ROJAS, M. AGUAYO, F. INOSTROZA & J. CAÑÓN. 1979. Sardina común. En: Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para un Desarrollo Pesquero. Peces I. CORFO-IFOP, 36 p.



# ANALISIS RETROSPECTIVO DE LA EVALUACION DE MERLUZA COMUN (*MERLUCCIUS GAYI*) UTILIZANDO ANALISIS SECUENCIAL DE LA POBLACION SINTONIZADO

## RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE ASSESSMENT OF THE CHILEAN HAKE (*MERLUCCIUS GAYI*) BY USING A TUNING SEQUENTIAL POPULATION ANALYSIS

Luis Cubillos, Pamela Sobarzo y Hugo Arancibia

### RESUMEN

Se realiza un análisis retrospectivo de la evaluación de stock del recurso merluza común de la zona centro-sur de Chile (30° S-40° S), con el objeto de identificar sesgos en la evaluación que se realiza anualmente mediante el Análisis Secuencial de la Población (ASP) con proceso de sintonización *ad hoc*, utilizando la captura por unidad de esfuerzo como información auxiliar. El análisis muestra una consistente sobreestimación de la mortalidad por pesca de los reclutas y de las edades más jóvenes en cada año terminal y, por ende, una subestimación de la abundancia para esas mismas edades, lo que es consecuencia de la estimación del patrón de explotación para el año terminal. Un procedimiento de estimación de varianza del ASP, utilizando una forma paramétrica del método bootstrap, demuestra que el patrón de explotación en el año terminal tiene una gran incidencia sobre los resultados de la evaluación. Se recomienda mejorar la calidad de la información auxiliar y además evaluar la posibilidad de estimar la mortalidad por pesca del año más reciente, separadamente para cada clase de edad, siendo necesario para ello utilizar datos de esfuerzo de pesca, u otro índice auxiliar como abundancia relativa obtenidas de evaluaciones directas.

*Palabras claves:* Evaluación de stock, análisis retrospectivo, merluza común, zona centro-sur (Chile).

### ABSTRACT

A retrospective analysis of the stock assessment of the Chilean hake resource off central-southern Chile (30°S-40°S) is carried out. The objective is to identify bias in the annual stock assessment by using an *ad hoc* tuning Sequential Population Analysis (SPA), which considers catch per unit effort data as auxiliary information. The retrospective analysis showed a consistent overestimation of the fishing mortality for the recruits and younger ages for each terminal year and, therefore, an underestimation of the abundance for the same ages. This is due to the exploitation pattern, estimated for the most recent year. A procedure to estimate variance from the SPA, using a parametric form of the bootstrap method, showed that the exploitation pattern in the terminal year has a great incidence on the results of the evaluation. It is recommended to improve the auxiliary information and to consider the possibility of estimating the fishing mortality separately for each age class in the most recent year, being necessary to use fishing effort data or another abundance index as obtained from surveys.

*Key words:* Stock assessment, retrospective analysis, Chilean hake, central-southern area (Chile).

Fecha de recepción: 23 - 11 - 93. Fecha de aceptación: 1 - 9 - 94.

### INTRODUCCION

La merluza común (*Merluccius gayi*) es el más importante recurso demersal explotado en la zona centro-sur de Chile, principalmente entre

Los Vilos (31° 55'S) por el norte, y Corral (39° 50'S) por el sur, tanto en forma artesanal como industrial. La evolución histórica del desembarque de merluza común, comprendida entre 1940 y 1976, revela etapas sucesivas de desarrollo, crecimiento, estabilidad, fluctuación y declinación. Sin embargo, a contar de 1976 se identifica una nueva etapa de estabilidad en los

desembarques, en torno a las 30 mil toneladas anuales, para posteriormente exhibir un nuevo período de crecimiento a partir de 1988, situación que se mantiene hasta 1992 (Fig. 1).

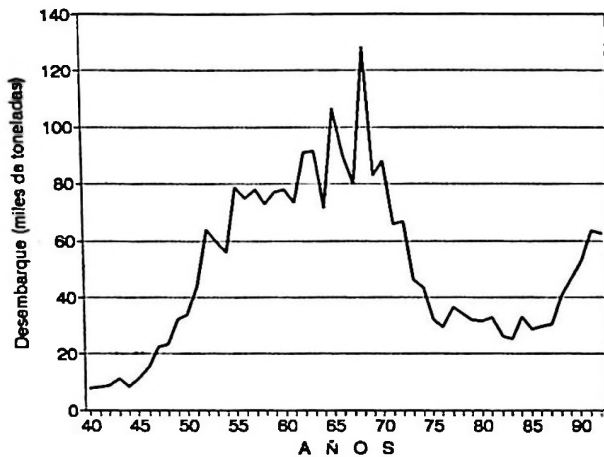


Figura 1. Evolución histórica del desembarque de merluza común en la zona centro-sur de Chile (Fuente: Servicio Nacional de Pesca).

Historic evolution of the Chilean hake landings in central-southern Chile (Source: Servicio Nacional de Pesca).

La evaluación del stock de merluza común se realiza anualmente mediante el Análisis Secuencial de la Población (ASP; Gulland, 1965, Megrey, 1989), y desde 1991 se considera información auxiliar para estabilizar y calibrar los resultados del ASP (Payá *et al.*, 1992; 1993; Arancibia & Cubillos, 1993). La información auxiliar utilizada para calibrar el ASP corresponde a la captura por unidad de esfuerzo, expresada en toneladas por hora de arrastre del grupo de embarcaciones de 1.250 a 2.500 HP del motor principal, las cuales debido a su gran autonomía tienen acceso a una mayor área geográfica de distribución del recurso, permitiendo buscar sus concentraciones. De esta manera, si bien la información auxiliar no da cuenta de un índice estandarizado, el rendimiento de estas embarcaciones reflejaría de mejor forma las variaciones de la abundancia relativa del recurso en un área más amplia, lo que no ocurre con las embarcaciones más pequeñas que están restringidas a un área de operación muy cercana a sus puertos bases (Bustos *et al.*, 1991; Payá *et al.*, 1992).

No obstante lo anterior, la evaluación de stock, realizada anualmente mediante una me-

todología vigente como el ASP, puede presentar notables sesgos en las estimaciones de biomasa y mortalidad por pesca, incluso cuando se considera la mejor información auxiliar para estabilizar y calibrar los resultados del ASP. Una forma de identificar probables sesgos en la evaluación de stock, consiste en realizar un análisis retrospectivo, donde la evaluación de stock más reciente se considera como la mejor aproximación de la verdadera situación del stock (Sinclair *et al.*, 1990; ICES 1991). En este contexto, el objetivo de este trabajo es realizar tal análisis, considerando un procedimiento de sintonización *ad hoc* del ASP similar al que se ha utilizado en evaluaciones pasadas (Payá *et al.*, 1992; 1993; Arancibia & Cubillos, 1993).

En otras palabras, se desea determinar si el algoritmo de sintonización *ad hoc* del ASP a utilizar es adecuado para evaluar al recurso merluza común de Chile centro-sur, a través del análisis del grado de consistencia de las evaluaciones realizadas con una misma técnica. Cabe señalar que la principal característica del ASP, con el proceso de sintonización *ad hoc* implementado, supone que los datos de captura y mortalidad natural están libres de error. De esta manera, la estocasticidad sólo se supone presente en las relaciones utilizadas en el proceso de sintonización. Esta aclaración es de fundamental importancia para el proceso de estimación de varianza que se utiliza en este trabajo, en base a lo propuesto por Butterworth *et al.* (1990).

## MATERIALES Y METODOS

### Datos básicos

Los datos básicos utilizados en este trabajo están referidos principalmente al período 1975-1992 y corresponden a la captura por unidad de esfuerzo de las embarcaciones de 1.250 a 2.500 HP del motor principal (Fig. 2); la captura en número de ejemplares por grupos de edad y los pesos promedio por grupo de edad, que fueron obtenidos de Payá *et al.* (1993) en base a estimaciones pertenecientes al Instituto de Fomento Pesquero.

La opción analítica en el presente trabajo considera a la población de merluza común como globalmente homogénea en cuanto a sus

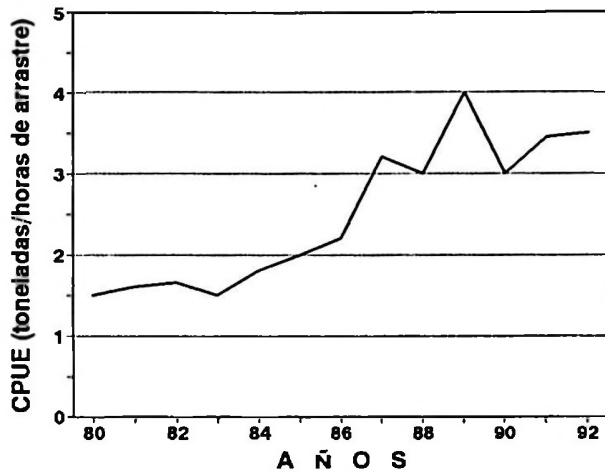


Figura 2. Evolución de la captura por unidad de esfuerzo estimada para la merluza común en base al grupo de embarcaciones de 1.250 a 2.500 HP (Bustos *et al.*, 1990; 1991; Payá *et al.*, 1992; 1993).

Evolution of the catch per unit of effort estimated for the Chilean hake according to the group of boats between 1,250 to 2,500 HP (Bustos *et al.*, 1990; 1991; Payá *et al.*, 1992; 1993).

procesos básicos de producción, a pesar de las características diferenciales en el crecimiento y mortalidad natural de machos y hembras (Arancibia & Cubillos, 1993).

### Análisis Secuencial de la Población

El Análisis Secuencial de la Población (ASP), formulado por Gulland (1965), es una herramienta analítica que permite reconstruir la abundancia absoluta de una población, por edad, en años previos (Pope, 1972; Gulland, 1965; Mesnil, 1980; Megrey, 1989). El ASP se basa en la ecuación de captura de Baranov y en la ecuación de sobrevivencia de una cohorte (Ricker, 1975; Beverton & Holt, 1956), las que se expresan respectivamente por

$$C_{a,t} = \frac{F_{a,t} N_{a,t} [1 - \exp \{ - (F_{a,t} + M) \}]}{F_{a,t} + M} \quad (1)$$

$$N_{a+1,t+1} = N_{a,t} \exp \{ - (F_{a,t} + M) \} \quad (2)$$

donde los siguientes datos deben estar disponibles:

$C_{a,t}$  = matriz de captura en número de ejemplares a la edad  $a$  en el año  $t$ ; donde  $a = 1, 2, \dots, m$ ; y  $t = 1, 2, \dots, n$ .

$M$  = tasa de mortalidad natural, supuesta constante entre edades y años.  
para estimar:

$N_{a,t}$  = matriz del número de ejemplares que había en el mar a la edad  $a$  y a comienzos del año  $t$ ; y,

$F_{a,t}$  = matriz de la mortalidad por pesca para la edad  $a$  durante el año  $t$ .

Se destaca que para estimar  $N_{a,t}$  y  $F_{a,t}$  la ecuación (1) se divide por la ecuación (2), para obtener el algoritmo básico que permite resolver el ASP, i.e.

$$\frac{C_{a,t}}{N_{a+1,t+1}} = \frac{F_{a,t} [\exp (F_{a,t} + M) - 1]}{(F_{a,t} + M)} \quad (3)$$

Sin embargo, la ecuación (3) no tiene una solución analítica y debe ser resuelta numéricamente dado un valor de  $N_{a+1,t+1}$  obtenido a través de la ecuación (1) y aplicada a la edad más vieja y año más reciente, suponiendo un valor razonable de  $F$ . De esta manera el ASP trabaja hacia atrás a partir de la edad más vieja y año más reciente, donde usualmente se especifican los valores terminales de cada cohorte que en términos de la mortalidad por pesca son

$F_{m,t} : t = 1, 2, \dots, n-1$  (para la edad más vieja,  $m$ ); y,

$F_{a,n} : a = 1, 2, \dots, m$  (para el año más reciente,  $n$ ).

Según Butterworth *et al.* (1990), "en la ausencia de información adicional (o supuestos), estos  $F$  terminales podrían caer, en principio, en el rango  $[0, \infty]$ , y por lo tanto la correspondiente estimación histórica de la abundancia sería arbitraria a estos datos de entrada al método". Para evitar tal subjetividad, es necesario contar con un algoritmo objetivo que permita resolver el ASP, tal como el proceso de sintonización que se describe a continuación y que ha sido utilizado, con leves modificaciones, en evaluaciones previas de merluza común por Payá *et al.* (1993) y Arancibia & Cubillos (1993).

### Proceso de sintonización *ad hoc* del ASP

Un proceso de sintonización *ad hoc* para resolver el ASP, consiste en aprovechar la propiedad autocorrectiva del ASP para "ajustar" iterativamente los  $F$  terminales, y se basa en

dos etapas: (a) estabilización del ASP y estimación del patrón de explotación edad-específico; y (b) calibración de los resultados del ASP con información auxiliar independiente (esfuerzo de pesca, captura por unidad de esfuerzo, otros).

En este trabajo, el proceso de estabilización consistió en estimar iterativamente la mortalidad por pesca de la edad más vieja ( $F_{m,t}$ ) bajo el supuesto de que el patrón de explotación edad-específico ( $S_a$ , o selectividad) es constante en las edades más viejas; es decir, se supone que  $p+1$  edades más viejas son igualmente vulnerables a la pesquería, i.e.

$$S_{m-p} = S_{m-p+1} = \dots = S_{m-1} = S_m,$$

lo cual es de gran utilidad para estimar la mortalidad por pesca de la edad más vieja. En este trabajo, se consideró un promedio geométrico dado por

$$\hat{F}_{m,t} = \left[ \prod_{a=m-p}^{m-1} F_{a,t} \right]^{\frac{1}{p}} \quad (4)$$

donde  $p$  indica el número de edades más viejas adyacentes a la terminal  $m$ .

En el caso de la mortalidad por pesca del año más reciente ( $F_{a,n}$ ), primero se calculó el patrón de explotación edad-específico promedio para el año  $n$  ( $S_a^n$ ), i.e.

$$S_a^n = \frac{S_a}{\text{máx} [ \bar{S}_a ]} \quad (5.1)$$

donde

$$S_a = \left[ \prod_{t=n-k}^{n-1} S_{a,t} \right]^{\frac{1}{k}} \quad (5.2)$$

y

$$S_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{\text{máx} [ F_{a,t} ]} \quad (5.3)$$

donde  $k$  representa el número de años más recientes considerados en la estimación del patrón de explotación para el año más reciente ( $S_a^n$ ), cuya varianza se estima por

$$\hat{\sigma}_{S_a}^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{t=n-k}^{n-1} [ \text{Ln} (S_{a,t}) - \text{Ln} (S_a) ]^2 \quad (6)$$

Una vez obtenido  $S_a^n$ , éste se multiplica por la mortalidad por pesca de las edades completamente vulneradas del año más reciente ( $F_n$ ), i.e.

$$\hat{F}_{a,n} = \bar{S}_a^n \hat{F}_n \quad (7)$$

Las ecuaciones (4) a (7) se aplican en ASP sucesivos hasta lograr estabilidad en los resultados. Sin embargo, debido a que  $F_n$  en la ecuación (7) es aún incierto, éste se debe calibrar utilizando información auxiliar. Para calibrar  $F_n$  se utilizó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) bajo el supuesto de que la biomasa vulnerable ( $B_v$ ) de merluza común y la CPUE son directamente proporcionales. En este contexto, la  $B_v$  se calcula para cada año mediante la siguiente ecuación:

$$B_{v,t} = \sum_{a=1}^{a=m} N_{a,t} w_{a,t} S_{a,t} \quad (8)$$

donde  $S_{a,t}$  se estima para cada año a través de la ecuación (5.3). Posteriormente, se calcula la pendiente de la siguiente relación entre la  $B_v$  y la CPUE (exceptuando el año más reciente), con intercepción igual a cero:

$$\beta = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} B_{v,t} \text{CPUE}_t}{\sum_{t=1}^{n-1} \text{CPUE}_t^2} \quad (9)$$

Se destaca que no es necesario que esta relación cubra desde el primer año que considera el ASP. En este estudio, los datos de CPUE comienzan en 1980 (Fig. 2), y la ecuación (9) se aplicó a partir de este año. Luego, a través de  $\beta$  y la CPUE del año más reciente ( $n$ ) se estima la correspondiente biomasa vulnerable, i.e.

$$\hat{B}_{v,n} = \beta \text{CPUE}_n \quad (10)$$

la que se utiliza con la  $B_v$  estimada desde el ASP a partir de  $F_n$  y  $S_a^n$  (ecuación 7), para obtener un nuevo valor de  $F_n$  para las edades completamente vulneradas en el último año, i.e.

$$\hat{F}_n = \hat{F}_n \left( \frac{B_{v,n}}{\hat{B}_{v,n}} \right) \quad (11)$$



A partir de este nuevo valor de  $F_n$ , y por supuesto de  $F_{na}$  (ecuación 7), se vuelve a iniciar el proceso de estabilización del ASP hasta que las biomásas vulnerables estimadas de la regresión y desde el ASP converjan a un valor muy próximo.

### Análisis retrospectivo

Se utilizó el proceso de sintonización descrito previamente para evaluar al recurso merluza común considerando los siguientes años terminales: 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991 y 1992. Estas 10 evaluaciones de stock se analizaron de acuerdo a los procedimientos descritos por Sinclair *et al.* (1990) e ICES (1991), y que consiste en graficar en el tiempo la abundancia de reclutas, de las edades parcialmente vulneradas y de las edades completamente vulneradas, así como la correspondiente mortalidad por pesca promedio para estos mismos grupos de edad.

Como se puede observar, cada evaluación de stock termina en un año  $j$  (1983, 1984, ... 1991) y contiene diferentes años hacia atrás. En este contexto, para analizar la consistencia de la técnica de evaluación entre años, las estimaciones de abundancia ( $N$ ) y mortalidad por pesca ( $F$ ) en cada año terminal  $j$  se compararon con respecto a las estimaciones obtenidas para los años  $j$  a partir del año más reciente (último año disponible denominado  $T = 1992$ ). Con este propósito se calculó las siguientes desviaciones logarítmicas amplificadas por 100:

$$100 \ln \left( \frac{N_{a,j}}{N_{a,T}^T} \right) \quad (12.1)$$

y

$$100 \ln \left( \frac{F_{a,j}}{F_{a,T}^T} \right) \quad (12.2)$$

Posteriormente, la frecuencia de las desviaciones logarítmicas calculadas por edad, se ordenó considerando los siguientes límites inferiores de intervalos: 70, 50, 30, 10, -10, -30, -50 y -70. Luego, las desviaciones se agruparon en los grupos de edad de reclutas, parcialmente vulneradas, y completamente vulneradas. También se calculó el promedio de las desviaciones

y la desviación estándar, donde el promedio es una medida del sesgo. Otro indicador fue el cálculo de "blunder" que indica la frecuencia de errores "grandes" (y "pequeños"); es decir, la ocurrencia de desviaciones absolutas sobre (o bajo) el 50%. Se destaca que una desviación de 50 corresponde a 1,65 veces el valor de la evaluación más reciente ( $T=1992$ ).

### Procedimiento para la estimación de varianza

El procedimiento utilizado para estimar la varianza se basa en Butterworth *et al.* (1990), y consiste en una forma paramétrica del método bootstrap de Efron (1982, 1985). El procedimiento consiste en tomar un número de valores alternativos, e igualmente probables, de la matriz de mortalidad por pesca ( $F_{a,t}^R$ ), los que se generan utilizando una forma paramétrica de la distribución del error, donde  $R = 1, 2, \dots, R_{\max}$  es número relativamente elevado ( $\geq 100$ ). Butterworth *et al.* (1990) utilizaron datos de esfuerzo de pesca para sintonizar el ASP, razón por la cual el procedimiento descrito por ellos no es aplicable para el proceso de sintonización *ad hoc* implementado en este trabajo. La principal diferencia ocurre en el cálculo del patrón de explotación y en la calibración utilizada, de tal manera que las modificaciones utilizadas en este trabajo se describen a continuación.

Una vez que el ASP se encuentra estabilizado y calibrado, los valores alternativos de la mortalidad por pesca en el año más reciente ( $n$ ) se generan aleatoriamente a partir de la estructura del error del patrón de explotación, i.e.

$$\bar{S}_a^R = \bar{S}_a \exp(\epsilon_{a,n}^R) \quad (13)$$

para  $a = 1, \dots, m$ ; donde  $\epsilon_{a,n}^R$  se elige al azar desde  $N[0; (\sigma'_{sa})^2]$ , y

$$(\hat{\sigma}_{sa}^R)^2 = \frac{\hat{\sigma}_{sa}^2}{k} + \sigma_{sa}^2 = \frac{k+1}{k} \hat{\sigma}_{sa}^2 \quad (14)$$

Los valores alternativos e igualmente probables del patrón de explotación ( $S_a^R$ ) son adecuadamente re-escalados (ver ecuación 5.1.) para calcular valores alternativos de mortalidad por pesca por edad en el año más reciente, i.e.

$$F_{a,n}^R = \hat{F}_n \left( \frac{\bar{S}_a^R}{\max[S_a^R]} \right) = \hat{F}_n S_a^{-R} \quad (15)$$

Sin embargo, debido a que  $F_n$  depende de la relación entre la Bv y la CPUE, valores alternativos e igualmente probables de  $F_n$  ( $F_n^R$ ) se generaron considerando que

$$\hat{Bv}_n^R = \beta CPUE_n + \varepsilon_t^R$$

para luego obtener

$$F_n^R = \hat{F}_n \left( \frac{Bv_n}{\hat{Bv}_n^R} \right)$$

donde  $\varepsilon_t^R$  se eligió al azar desde  $N[0, \sigma_{Bv}^2]$ , y

$$\sigma_{Bv}^2 = \sigma_{Bv, CPUE}^2 \left( 1 + 1/n + CPUE_n^2 / \sum_{t=1}^{n-1} CPUE_t^2 \right)$$

En este procedimiento de estimación de varianzas, valores alternativos de la mortalidad por pesca para las edades más viejas ( $F_{m,t}^R$ ) se generaron de acuerdo a las ecuaciones dadas por Butterworth *et al.* (1990).

#### Parámetros básicos utilizados en las evaluaciones

En la ejecución de cada ASP se consideró la mortalidad natural ( $M$ ) estimada en  $0,3 \text{ año}^{-1}$  para ambos sexos por Arancibia & Cubillos (1993), la que se consideró constante entre edades y años. El parámetro  $p$  de la ecuación (4) se fijó en 4, y la edad 13 en las capturas se consideró como la más vieja ( $m$ ), en tanto el cálculo del patrón de explotación consideró los 4 años más recientes ( $k=4$  en la ecuación 5.2 y 6). Además, en cada evaluación se agrupó las siguientes edades: 2 como la edad de reclutas; edades 3 a 8 como parcialmente vulneradas y edades 9 a 13 como completamente vulneradas. Finalmente, en la estimación de varianzas mediante el bootstrap paramétrico, se consideró  $R_{\max} = 150$ .

## RESULTADOS

La evaluación más reciente del recurso merluza común (año terminal 1992), se muestra en la Figura 3 y la calibración con la información auxiliar se muestra en la Figura 4. Se observa así que la abundancia numérica del stock 3+ presentó una tendencia creciente desde cerca de 600 millones de ejemplares en 1975, hasta

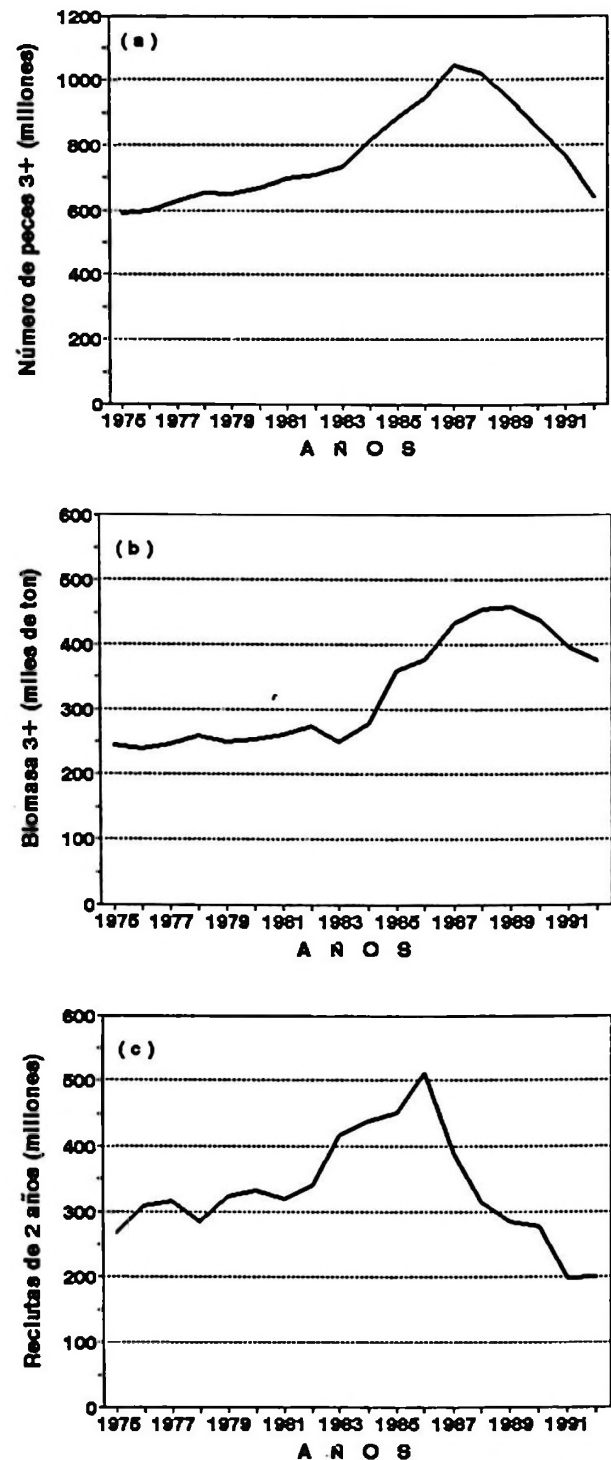


Figura 3. Evaluación más reciente de merluza común utilizando el Análisis Secuencial de la Población sintonizado: (a) abundancia en número de peces, (b) biomasa, y (c) reclutas. Periodo 1975-1992.

Most recent assessment of the Chilean hake using the tuning Sequential Population Analysis: (a) abundance in number of fishes, (b) biomass, and (c) recruits. Period: 1975-1992.

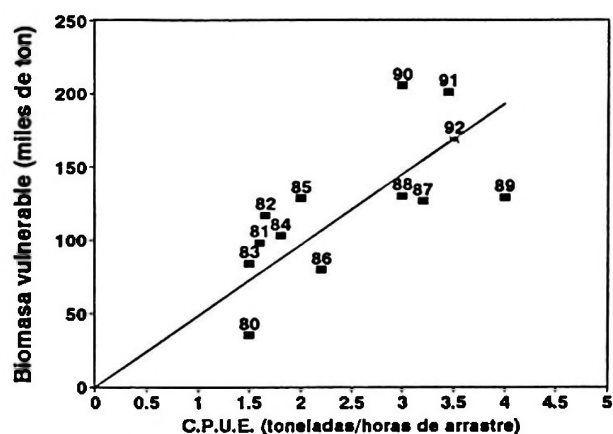


Figura 4. Relación entre la biomasa vulnerable de merluza común y la captura por unidad de esfuerzo de las embarcaciones de 1.250 a 2.500 HP, utilizada en la calibración de la mortalidad por pesca ( $F_p$ ) en 1992.

Relationship between the vulnerable biomass of the Chilean hake and the catch per unit of effort of the trawlers between 1,250 and 2,500 HP, as used for the calibration of the fishing mortality ( $F_p$ ) in 1992.

alcanzar un máximo sobre los 1000 millones de peces en 1987 y 1988, para luego iniciar una tendencia decreciente hasta alcanzar casi a 600 millones de individuos en 1992 (Fig. 3a). La biomasa del stock 3+, en cambio, presenta una estabilización entre 1975 y 1984, con alrededor de 250 mil toneladas anuales, y posterior a 1984 una etapa de crecimiento hasta alcanzar una

estabilización en niveles cercanos a 450 mil toneladas entre 1988 y 1990 (Fig. 3b). La abundancia de reclutas, por otra parte, muestra que el reclutamiento se mantuvo por sobre los 250 millones de peces entre 1975 y 1990, siendo aquellos reclutamientos de 1991 y 1992 (ca. 200 millones) los más bajos de todo el período (Fig. 3c); destaca además, las clases anuales más fuertes reclutadas entre 1983 y 1987 sobre los 400 millones de ejemplares (Fig. 3c).

El análisis retrospectivo de la evaluación del recurso merluza común, a través de las desviaciones logarítmicas de la abundancia numérica y de la mortalidad por pesca de cada año terminal con respecto al año más reciente, se muestra en las Tablas 1 y 2, en tanto las Figuras 5 y 6 muestran los resultados de las evaluaciones pasadas utilizando el ASP sintonizado (para mayor claridad, las evaluaciones de los años terminales 1983 a 1986 no se muestran en las figuras).

El promedio de la razón de las desviaciones logarítmicas de la abundancia muestra un sesgo hacia la subestimación en cada año terminal, particularmente de los reclutas (edad 2) y de los peces de edad 3 donde en 6 de los 9 años las desviaciones son mayores a 50 en valor absoluto (Tabla 1). El grupo de edades parcialmente vulneradas presenta las mayores desviaciones en el intervalo  $[-30 < p \leq -10]$  y  $[p \leq -70]$ . El grupo de edades completamente vulneradas, en cam-

Tabla 1. Frecuencia de las desviaciones logarítmicas de la abundancia (N) en el análisis retrospectivo de merluza común (R = edad de nuevos reclutas; PV = edades parcialmente vulneradas; CV = edades completamente vulneradas; d.s. = desviación estándar).

Frequency of logarithmic deviations of the abundance (N) in retrospective analysis of the Chilean hake (R = recruits; PV = ages partially vulnerable; CV = fully vulnerable ages; d.s. = standard deviation).

	E D A D												Total	Grupos de edad		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		R	PV	CV
70 < p	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	2	1	8	0	1	7
50 < p ≤ 70	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	1	1	2
30 < p ≤ 50	1	1	1	2	1	1	3	0	1	0	0	1	12	1	9	2
10 < p ≤ 30	0	0	1	1	1	2	0	2	1	1	1	1	11	0	5	6
-10 < p ≤ 10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
-30 < p ≤ -10	0	2	1	2	3	2	1	2	1	1	1	4	20	0	11	9
-50 < p ≤ -30	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	0	18	2	9	7
-70 < p ≤ -50	0	0	1	2	0	1	1	2	0	1	2	1	11	0	5	6
p ≤ -70	5	4	2	0	1	2	2	1	2	1	1	1	22	5	11	6
"blunder"																
p  > 50	6	5	4	2	1	3	3	4	4	5	5	3	45	6	18	21
p  < 50	3	4	5	7	8	6	6	5	5	4	4	6	63	3	36	24
Total	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	108	9	54	45
Promedio	-76	-36	-24	-12	-18	-23	-24	-16	-21	+0	-6	-10	-22	-76	-23	-11
d.s.	94	69	51	43	37	44	55	49	71	70	79	54	19	0	8	8

Tabla 2. Frecuencia de las desviaciones logarítmicas de la mortalidad por pesca (F) en el análisis retrospectivo de merluza común (R = edad de nuevos reclutas; PV = edades parcialmente vulneradas; CV = edades completamente vulneradas; d.s. = desviación estándar).

Frequency of logarithmic deviations of the fishing mortality (F) in retrospective analysis of the Chilean hake (R = recruits; PV = partially vulnerable ages; CV = fully vulnerable ages; d.s. = standard deviation).

	E D A D													Total	Grupos de edad		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	R		PV	CV	
70 < p	5	4	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	26	5	12	9	
50 < p ≤ 70	0	0	1	2	1	1	2	1	0	1	1	1	11	0	7	4	
30 < p ≤ 50	2	1	3	0	3	2	1	1	2	2	2	1	20	2	10	8	
10 < p ≤ 30	0	2	0	2	1	1	1	2	1	1	1	2	14	0	7	7	
-10 < p ≤ 10	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	
-30 < p ≤ -10	0	1	2	2	1	2	0	1	1	1	1	0	12	0	8	4	
-50 < p ≤ -30	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	1	7	0	4	3	
-70 < p ≤ -50	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	7	1	4	2	
p ≤ -70	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	8	0	0	8	
"blunder"																	
p  > 50	6	5	4	4	2	3	5	4	4	5	5	5	52	6	23	23	
p  < 50	3	4	5	5	7	6	4	5	5	4	4	4	56	3	31	22	
Total	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	108	9	54	45	
Promedio	80	41	29	21	26	29	27	17	19	-2	9	11	26	80	29	11	
d.s.	90	60	49	44	42	49	61	59	77	65	87	68	20	0	7	8	

bio, presenta desviaciones que se distribuyen más uniformemente. En el caso de la mortalidad por pesca, los resultados muestran un comportamiento inverso a los obtenidos para la abundancia (Tabla 5), reconociéndose un fuerte sesgo hacia la sobreestimación de la mortalidad por pesca a la edad 2 y 3, con desviaciones sobre 50 en valor absoluto. En promedio, la mortalidad por pesca a la edad 2 en cada año terminal es sobreestimada en 2,23 veces la mortalidad por pesca estimada con la evaluación de stock más reciente. Por otra parte, el grupo de edades parcialmente vulneradas presenta una mayor frecuencia de desviaciones positivas, lo que indica sobreestimación de la mortalidad por pesca. Sin embargo, en las edades 9 a 13 las desviaciones logarítmicas indican una tendencia a la subestimación de la mortalidad por pesca en cada año terminal.

De acuerdo con las Figuras 5 y 6, se puede apreciar que los años 1990 y 1991 se asocian con una subestimación de la abundancia y una sobreestimación de la mortalidad por pesca; en cambio, los años 1987 a 1988 presentan en general una sobreestimación de la abundancia y subestimación de la mortalidad por pesca. El resto de los años (1983 a 1986), no mostrados en las figuras, presentaron en general una subestimación de la abundancia y una sobreestimación de la mortalidad por pesca, siempre con respecto a la evaluación de stock más reciente.

En la abundancia (Fig. 5) se observa una marcada inconsistencia entre años, lo que se asocia a una pobre convergencia retrospectiva. En la edad 2, de reclutamiento, se observa una consistente subestimación de la abundancia de reclutas en cada año terminal, excepto en 1990 y 1991 (Fig. 5a). En las edades parcialmente vulneradas, nuevamente la convergencia retrospectiva de la abundancia es baja (Fig. 5b); mientras que en las edades completamente vulneradas, ocurre una mejor convergencia retrospectiva (Fig. 5c).

En la mortalidad por pesca ocurre una mejor convergencia retrospectiva, tanto a la edad de reclutamiento como en los grupos de edades parcial y completamente vulneradas (Fig. 6), donde los cambios en la tendencia, de un año a otro, son consistentemente estimados. En la edad de reclutamiento se observa que entre 1983 y 1992 la mortalidad por pesca se ubica en niveles más bajos que aquellos del período 1975-1982 (Fig. 6a), situación que se podría deber al establecimiento, en 1982, de un tamaño de malla de 100 mm para el copo de las redes de arrastre en 1982.

En las edades parcialmente vulneradas, la mortalidad por pesca exhibe una tendencia decreciente entre 1975 y 1986, para luego iniciar una tendencia creciente hasta 1992 (Fig. 6b). Finalmente, en las edades completamente vulneradas, la mortalidad por pesca exhibió valores altos en los años 1975 a 1977 y en

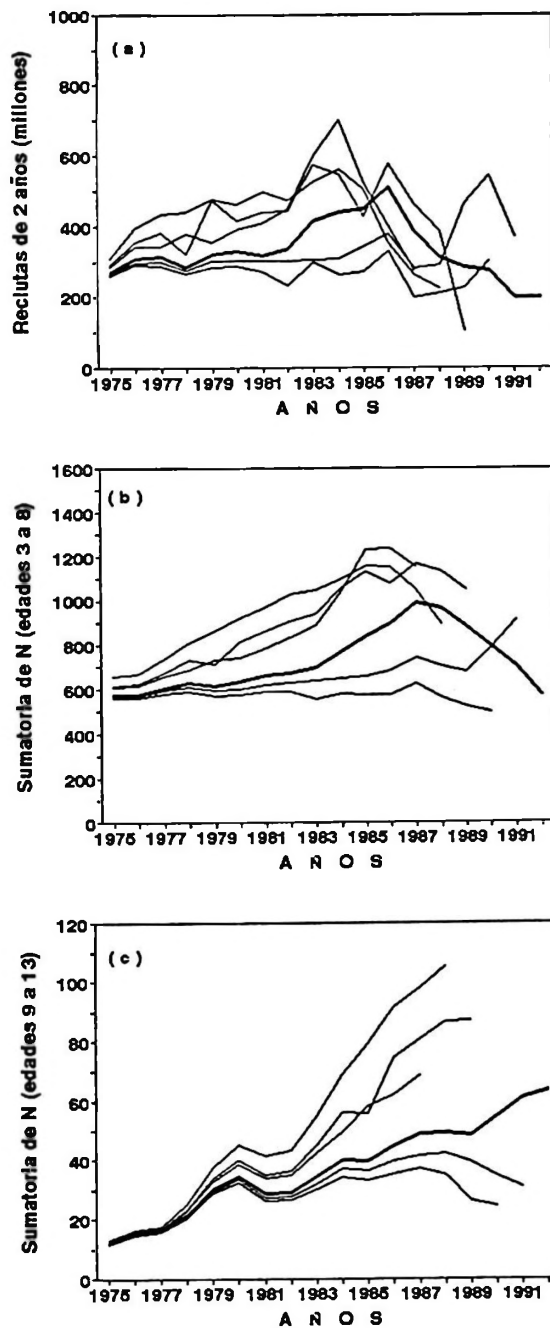


Figura 5. Análisis retrospectivo de la evaluación de merluza común utilizando el Análisis Secuencial de la Población sintonizado, considerando como años terminales a 1987, 1988, 1989, 1990 y 1991, comparados con 1992 (línea gruesa); (a) abundancia de reclutas, (b) abundancia de las edades parcialmente vulneradas (millones de peces), y (c) abundancia de las edades completamente vulneradas (millones de peces).

Retrospective analysis of the assessment of the Chilean hake by using the tuning Sequential Population Analysis, considering as terminal the years 1987, 1988, 1989, 1990 and 1992 and compared with 1992 (heavy line); (a) abundance of recruits, (b) abundance of the partially vulnerable ages (millions of fishes), and (c) abundance of the fully vulnerable ages (millions of fishes).

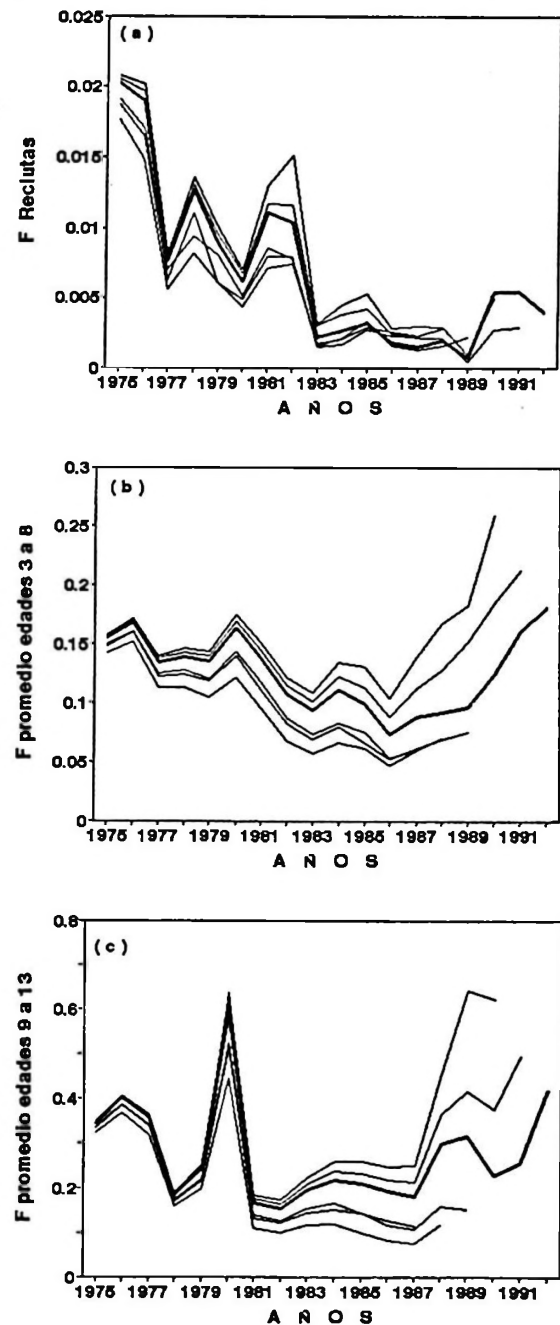


Figura 6. Análisis retrospectivo de la evaluación de merluza común utilizando el Análisis Secuencial de la Población sintonizado, considerando como años terminales a 1987, 1988, 1989, 1990 y 1991, comparados con 1992 (línea gruesa); (a) mortalidad por pesca de reclutas, (b) mortalidad por pesca promedio de las edades parcialmente vulneradas, y (c) mortalidad por pesca promedio de las edades completamente vulneradas.

Retrospective analysis of the assessment of the Chilean hake by using the tuning Sequential Population Analysis, considering as terminal the years 1987, 1988, 1989, 1990 and 1992 and compared with 1992 (heavy line); (a) fishing mortality of recruits, (b) average fishing mortality of the partially vulnerable ages, and (c) average fishing mortality of the fully vulnerable ages.

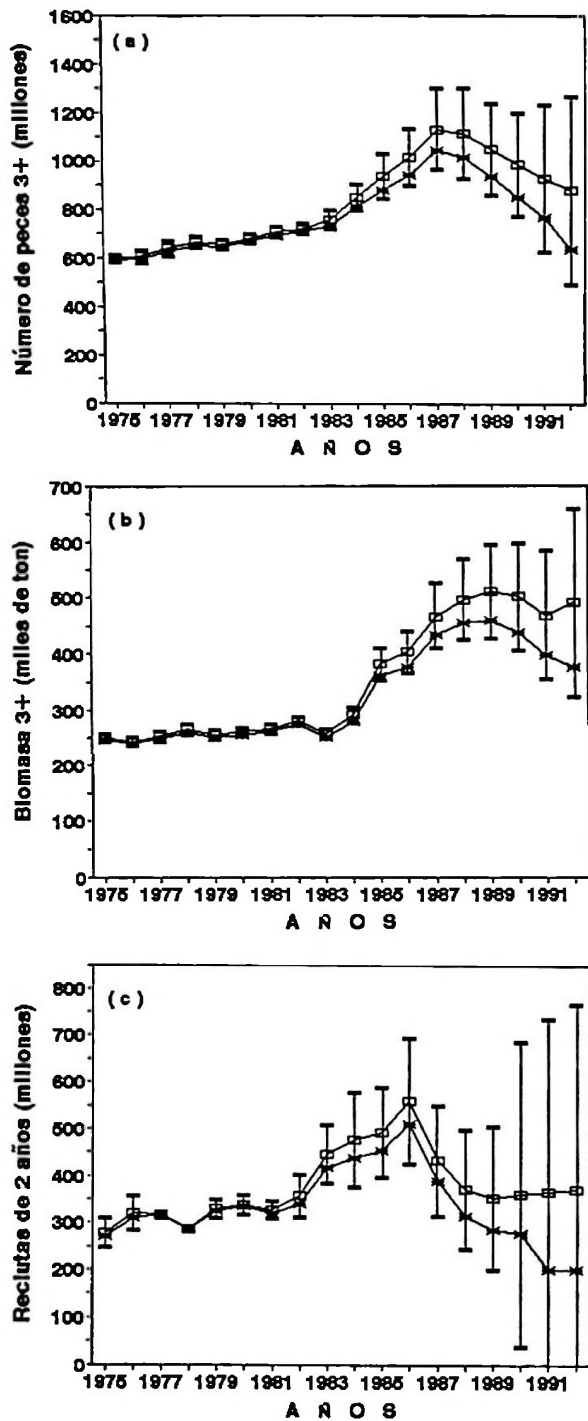


Figura 7. Promedios del bootstrap ( $R_{m\acute{a}x} = 150$ ; cuadrado vacıo), comparados con la evaluaci3n realizada a 1992 (asterisco) con el Análisis Secuencial de la Poblaci3n sintonizado; (a) abundancia, (b) biomasa y (c) reclutas. Las lıneas verticales y terminadas en una pequeıa barra horizontal representan más/menos un error estándar.

Bootstrap average ( $R_{max} = 150$ ; empty square) compared with the 1992 stock assessment (asterisk) using the tuning Sequential Population Analysis; (a) abundance, (b) biomass and (c) recruits. The vertical lines finished in a small horizontal bar represent  $\pm$  one standard error.

1980; entre 1981 y 1987, la mortalidad por pesca se estabiliza, para luego exhibir una tendencia alcista (Fig. 6c).

La escasa convergencia retrospectiva del ASP sintonizado, particularmente de la abundancia, está relacionada con la sobre o subestimaci3n de la mortalidad por pesca en cada aıno terminal, lo que es funci3n tanto de la estimaci3n del patr3n de explotaci3n como de la calibraci3n de  $F_n$ , utilizando la CPUE. En este contexto y con el objeto de averiguar la incidencia de estos factores en la evaluaci3n de stock más reciente, se aplic3 la técnica del bootstrap. Los resultados se muestran en la Figura 7, donde se aprecia que la desviaci3n estándar del bootstrap (que es una estimaci3n del error estándar) es mayor en los aınos más recientes que en los primeros aınos de la serie, lo que se puede apreciar mejor a través del coeficiente de variaci3n (Tabla 3).

El promedio del bootstrap result3 ser ma-

Tabla 3. Promedios del bootstrap y coeficientes de variaci3n, entre paréntesis, asociados al proceso de sintonizaci3n del Análisis Secuencial de la Poblaci3n (B = biomasa del stock 3+; N = número de peces en el stock 3+; R = reclutamiento, número de peces de edad 2).

Bootstrap average and variation coefficient, in parenthesis, associated to the tuning process of the Sequential Population Analysis (B = biomass 3+ of the stock; N = number of 3+ fishes in the stock; R = recruits, number of 2 year old fishes).

AÑO	B (miles de t)	N (millones)	R (millones)
1975	248,7 (2,95)	599,1 (2,60)	277,6 (10,80)
1976	242,8 (3,13)	607,1 (4,10)	319,4 (11,41)
1977	252,0 (3,61)	641,8 (4,99)	316,2 (2,02)
1978	264,1 (3,67)	665,9 (3,66)	285,6 (2,17)
1979	254,0 (3,41)	657,4 (2,84)	329,3 (5,99)
1980	259,4 (3,15)	682,2 (3,03)	336,3 (6,44)
1981	265,1 (2,87)	708,6 (2,96)	327,6 (5,73)
1982	278,9 (2,80)	722,9 (2,89)	357,6 (12,68)
1983	256,3 (3,48)	758,7 (4,87)	444,9 (13,83)
1984	289,4 (4,65)	852,5 (6,22)	476,3 (20,93)
1985	381,0 (7,45)	940,2 (10,09)	492,8 (19,42)
1986	402,4 (9,30)	1017,1 (11,64)	559,1 (23,97)
1987	466,2 (12,37)	1132,9 (14,73)	432,2 (27,41)
1988	495,1 (14,52)	1114,9 (16,53)	370,3 (34,24)
1989	509,5 (16,37)	1050,2 (18,03)	353,0 (43,31)
1990	500,1 (18,76)	986,5 (21,42)	361,5 (89,48)
1991	468,3 (24,18)	929,9 (32,55)	366,1 (100,83)
1992	489,5 (34,11)	882,2 (43,87)	368,7 (107,86)

yor que la estimación original en los años más recientes (Fig. 7), lo que es una medida de sesgo (Deriso *et al.*, 1985). En otras palabras, los promedios del bootstrap están indicando cierto sesgo hacia la subestimación de la abundancia y biomasa en la evaluación de stock más reciente de merluza común.

## DISCUSION

La evaluación del recurso merluza común al año 1992, utilizando el Análisis Secuencial de la Población (ASP) con el proceso de sintonización *ad hoc* descrito en este trabajo, es consistente con aquella efectuada por Payá *et al.* (1993), quienes realizaron la evaluación de merluza común considerando machos y hembras, separadamente.

Por otra parte, los resultados obtenidos en este trabajo, orientados a determinar si el ASP con el proceso de sintonización utilizado, es adecuado para evaluar al recurso merluza común de Chile centro-sur, muestran patrones retrospectivos similares a aquéllos obtenidos por Sinclair *et al.* (1990) para diferentes stocks del Atlántico Noroccidental y a aquéllos obtenidos por el grupo de trabajo del ICES para varios stocks del Mar del Norte, utilizando diferentes métodos de sintonización (ICES 1991).

En el caso de la merluza común, sin embargo, se encuentra una escasa convergencia retrospectiva, particularmente de la abundancia, lo que se asocia con la sobre y subestimación de la mortalidad por pesca ( $F_n$ ) en cada año terminal. La sobre o subestimación de  $F_n$  es función tanto del patrón de explotación ( $S_a^n$ ) como del valor de CPUE utilizado en la calibración. En el patrón retrospectivo de las evaluaciones, se identificó que los años terminales de 1990 y 1991 generaron una sobreestimación de  $F_n$  y los años 1987 a 1989 se asociaron con una subestimación de  $F_n$ . Al respecto, se debe considerar la calidad de la CPUE utilizada, ya que ésta no da cuenta de un índice de abundancia estandarizado, lo que podría generar importantes sesgos en el proceso de calibración.

No obstante la sobre o subestimación de  $F_n$ , el análisis retrospectivo mostró una consistente subestimación de la abundancia de reclutas (edad 2) y de las edades más jóvenes (edades 3 y 4), lo que se relaciona directamente con la

sobreestimación de la mortalidad por pesca para esas mismas edades. Sin duda, la sobreestimación de la mortalidad por pesca a la edad de reclutamiento y la escasa convergencia retrospectiva de su abundancia, se debe a la estimación del patrón de explotación para el año más reciente.

Lo anterior se corrobora a través de las estimaciones de varianza, donde se observó que la mayor incidencia de variabilidad ocurre en los años más recientes, lo que se asocia con la estimación del patrón de explotación. En efecto, debido a que el escalar  $F_n$ , obtenido desde la calibración, solamente aumenta o disminuye al vector de explotación ( $S_a$ ) determinado, la incidencia de este último es mayor en la distribución de  $F_n$  en las distintas edades del año más reciente. Es así como se observó que la estimación de la abundancia de reclutas es menos precisa en el último año, con errores estándar mayores entre 1985 y 1992, justamente cuando se especifica la mortalidad por pesca para las edades menores a los 9 años de edad en 1992, lo que demuestra la mayor incidencia del patrón de explotación sobre las edades parcialmente vulneradas.

Por otra parte, el supuesto utilizado para estimar la mortalidad por pesca a la edad más vieja en cada año (i.e. que  $p+1$  edades son igualmente vulnerables), resulta adecuado para la merluza común dado el bajo coeficiente de variación que ocurre en el período 1975-81 (<6%). En otras palabras, el promedio geométrico estimado a partir de las 4 edades más viejas adyacentes (9 a 12) resulta ser prácticamente insesgado, ya que cualquier desviación importante (positiva o negativa) que lo haya afectado se reflejaría en una mayor variabilidad en los resultados del bootstrap.

Otro resultado interesante lo constituye la mayor biomasa y abundancia promedio obtenidas desde el bootstrap. De acuerdo a Deriso *et al.* (1985), la diferencia entre el promedio del bootstrap y la estimación original es una medida de sesgo, en este caso debido a una incorrecta estimación de  $S_a$  en las edades parcialmente vulneradas. En este contexto, la sobreestimación de la mortalidad por pesca (y subestimación de la abundancia) en la edad de reclutamiento y adyacentes, identificada por el análisis retrospectivo, también debería manifestarse en la evaluación más reciente (1992). De acuerdo a lo anterior, si se considera que el promedio del bootstrap da cuenta de una mejor aproxima-

ción de la verdadera situación del stock de merluza común en 1992, la desviación logarítmica entre la abundancia de reclutas estimada para el año más reciente y el promedio del bootstrap, llega a ser de -56,95, la cual es similar a aquélla promedio obtenida a través del análisis retrospectivo (-76, ver Tabla 1).

Finalmente, el análisis retrospectivo ilustra una característica importante del ASP. Esto es, fluctuaciones o cambios en la tendencia de un año al otro son estimados consistentemente, particularmente en la mortalidad por pesca. Frente a estas circunstancias, se debe evaluar la posibilidad de mejorar la calidad de la información auxiliar utilizada para calibrar el ASP, y considerar, además, que la mortalidad por pesca para el año terminal sea estimada separadamente para cada clase de edad. Un proceso

objetivo de sintonización de este tipo podría implementarse considerando datos de esfuerzo de pesca estándar. Por otra parte, la factibilidad de realizar evaluaciones directas de biomasa, a partir de cruceros de investigación, ayudaría a clarificar la verdadera situación del recurso y podría proveer de información auxiliar adicional (índices de reclutamiento y otros) para mejorar las evaluaciones indirectas del recurso, y la consecuente estimación de capturas permisibles.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las sugerencias y opiniones de dos árbitros anónimos, las cuales ayudaron a mejorar y clarificar algunos aspectos de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- ARANCIBLA, 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.
- BEVERTON, R. J. H. & S. J. HOLT. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with especial references to sources of bias in catch sampling. Rapp. P.V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 140: 67-83.
- BUSTOS, R., M. AGUAYO, J. SATELER & C. VERA. 1990. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces). Zona centro-sur. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la producción/Instituto de Fomento Pesquero (AP 90/9), Santiago, 94 p.
- BUSTOS, R., M. AGUAYO, J. SATELER, J. DONOSO, S. AVILES & C. VERA. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías demersales (peces). Zona centro-sur. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción/Instituto de Fomento Pesquero (SGI-IFOP 91/7), Santiago, 62 p.
- BUTTERWORTH, D.S., G. HUGHES & F. STRUMPFER. 1990. VPA with *ad hoc* tuning: implementation for disaggregated fleet data, variance estimation, and application to the Namibian stock of Cape horse mackerel *Trachurus trachurus capensis*. S. Afr. J. mar. Sci. (9):327-357.
- DERISO, R.B., T.J. QUINN II & P.R. NEAL. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:815-824.
- EFRON, B. 1982. The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. SIAM Monograph N° 38.
- EFRON, B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. Biometrika 72(1):45-58.
- GULLAND, J.A. 1965. Estimation of mortality rates. Annex to the report of the Arctic Fisheries Working Group. Cons. Int. Explor. Mer C.M. 1965/3: 9 p.
- ICES. 1991. The working group on methods of fish stock assessments. International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1991/Assess 25: 147 p.
- MEGREY, B.A. 1989. Review and comparisons of age-structured stock assessment models from theoretical and applied points of view. American Fisheries Society Symposium, 6: 8-48.
- MESNIL, B. 1980. Théorie et pratique de l'analyse de cohortes. Rev. Trav. Inst. Peches marit., 44(2):119-155.
- 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.
- POPE, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. ICNAF Res. Bull., (9): 65-74.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board. Can. 191, 382 p.
- SINCLAIR, A., D. GASCON, R. O'BOYLE, D. RIVARD & S. GAVARIS. 1990. Consistency of some Northwest Atlantic groundfish stock assessment. NAFO SCR Doc. 90/96 p.



# LA FAUNA PARASITARIA Y LA MORFOMETRIA DE LA MERLUZA AUSTRAL *MERLUCCIUS AUSTRALIS* (HUTTON) COMO INDICADORAS DE UNIDADES DE STOCK

## THE PARASITE FAUNA AND MORPHOMETRY OF THE SOUTHERN HAKE *MERLUCCIUS AUSTRALIS* (HUTTON) AS INDICATORS OF STOCK UNITS

Mario George-Nascimento<sup>1</sup> y Hugo Arancibia<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se examinó la fauna parasitaria y la morfometría en 685 ejemplares de la merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) recolectados entre 1992 y 1993 desde aguas interiores y exteriores de la XIª y XIIª Regiones de Chile en el Océano Pacífico, (entre 44°S y 56°S) hasta la vecindad de las islas Malvinas, en el Atlántico. A cada ejemplar se le midieron 23 distancias corporales, y se recolectaron 15.339 parásitos de 15 taxa de metazoos. Los análisis estadísticos consideraron técnicas uni y multivariadas. Se encontró una gran similitud parasitaria y morfométrica de la merluza austral entre las zonas de pesca, aunque también hay diferencias menores que son significativas, y que sugieren patrones migracionales y de variaciones de la alimentación y de otras condiciones ecológicas a las que están expuestas las merluzas a lo largo de su vida. Estas diferencias radican principalmente en la composición de tallas de las merluzas según zonas de pesca, y en las diferencias en la magnitud del parasitismo por *Elytrophalloides oatesi*, *Derogenes varicus*, *Grillotia heptanchi*, *Hysterothylacium* sp., *Cleistobothrium crassiceps*, *Contracaecum* sp. y *Hepatoxylon trichiuri*. Se postula que existe sólo un stock puro y al menos cuatro stocks ecológicos en el área de estudio.

*Palabras claves:* Unidades de stock, parásitos, morfometría, merluza austral, Chile.

### ABSTRACT

The parasite fauna and morphometry of the southern hake *Merluccius australis* (Hutton) was examined in 685 fishes collected between 1992 and 1993 from inshore and offshore fishing areas along the southern coast off Chile in the Pacific Ocean, (between 44°S and 56°S) up to the vicinity of the Malvinas islands, in the South Atlantic Ocean. Twenty-three morphometric variables were recorded in each fish and 15,339 parasites belonging to 15 taxa were collected. The data were analyzed with uni- and multivariate statistical techniques. There were high similarities in parasite fauna and morphometry between fishing areas, but there were also small although significant differences that suggested migratory patterns and ontogenetic variations in feeding habits of hake as well as on the ecological conditions that surround them as they got older. These differences were due mainly to the different age composition of hakes between the fishing areas as well as to the differences in the prevalence or abundance of *Elytrophalloides oatesi*, *Derogenes varicus*, *Grillotia heptanchi*, *Hysterothylacium* sp., *Cleistobothrium crassiceps*, *Contracaecum* sp. and *Hepatoxylon trichiuri*. It is concluded that there is only one pure stock and at least four ecological stocks in the study area.

*Key words:* Stocks, parasites, morphometry, southern hake, Chile.

Fecha de recepción: 2-3-94. Fecha de aceptación: 30-9-94.

### INTRODUCCION

La merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) ha sido el principal recurso demersal del extremo sur de Chile, aunque actualmente está sobreexplotada (Aguayo *et al.*, 1991), probable-

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Casilla 297, Talcahuano, Chile.

<sup>2</sup> Instituto de Investigación Pesquera VIIIª Región, Casilla 350, Talcahuano, Chile.

mente por la excesiva captura efectuada entre 1985 y 1988, especialmente desde aguas interiores de la XIª Región, y que habría conducido a una sostenida disminución de ellas desde entonces. Las capturas se realizan en las aguas interiores y exteriores de los canales del sur, sobre la plataforma y talud continental, entre la Xª y XIIª Región, y también frente a la costa sur de Argentina y alrededor de las islas Malvinas. Es decir, la pesquería abarca gran parte de la distribución geográfica de la especie en el cono austral de Sudamérica. Además, las capturas se han realizado en gran parte de la columna de agua, ya que los barcos arrastreros operan sobre el piso marino, los barcos espineleros-arrastreros en la columna de agua cerca del fondo, y los artesanales cerca de la superficie.

Sin embargo, se desconoce si existe algún grado de interdependencia poblacional entre las áreas de pesca de aguas interiores y exteriores, y entre las regiones Xª a XIIª, y también entre las del Océano Atlántico Sur y Pacífico Sur, ya que la existencia de uno o más stocks no ha sido evaluada aún en la merluza austral. Este desconocimiento no debe extrañar en el ámbito de la investigación biológica de los principales recursos pesqueros nacionales, ya que también ocurre con aspectos básicos de la biología poblacional en recursos cuya explotación posee mucha más trayectoria histórica que éste (p. ej., la merluza común, *Merluccius gayi* (Guichenot)).

La identificación de unidades de stock ayuda a la regulación de las tasas de captura, facilitando un adecuado ordenamiento pesquero (Tyler, 1988; Wood *et al.*, 1989). Sin embargo, hay dos acepciones del término (Smith & Jamieson, 1986; Spanakis *et al.*, 1989). La acepción de stock puro está basada en la idea de unidades que evolucionan en forma independiente y que por lo tanto pueden acumular diferencias genéticas. La acepción dinámica, o de stock ecológico en cambio, no implica diferenciación genética de las unidades poblacionales, ni su permanencia en el tiempo evolutivo, sino su existencia como unidades más o menos interdependientes, entre las que habría persistencia de patrones espaciales de distribución y abundancia en una escala temporal ecológica (p. ej.: áreas de desove, áreas de cría,

migraciones estacionales a áreas de alimentación, etc.).

Entre los varios métodos empleados en la identificación de stocks, el de la morfometría (Winans, 1987), y el de la parasitofauna (p. ej., Lester *et al.*, 1988; 1990; MacKenzie, 1983; 1987; 1990; Thompson & Margolis, 1987; Moser & Hsieh, 1992, Williams *et al.*, 1992) se caracterizan por su sencillez y bajo costo (Wood *et al.*, 1989). La utilidad de ambos métodos, sin embargo, dice más relación con la idea de stocks dinámicos o ecológicos, que con la de stocks puros o discretos, los que son abordados en mejor forma por métodos genéticos.

En este estudio se somete a prueba la hipótesis de homogeneidad ecológica de la merluza del sur en el cono austral de Sudamérica, mediante la comparación de la composición y magnitud de su fauna de parásitos metazoos, y de la morfometría de los peces. Dicha homogeneidad ecológica es considerada tanto a través de la ontogenia como en distintas zonas de pesca. Se utilizan muestras tomadas en el período 1992-1993 principalmente en aguas jurisdiccionales de Chile, considerando las áreas interiores y exteriores de la zona de los canales en las Regiones XIª y XIIª, y parcialmente en el océano Atlántico Sur, en la vecindad de las islas Malvinas.

Entre los antecedentes pertinentes se cuenta un estudio del parasitismo en el que se registraron 15 taxa en 100 ejemplares de aguas exteriores de la Xª Región (Fernández, 1985). Además, Fernández & Durán (1985) describieron a *Aporocotyle australis*, una nueva especie del digeneo del corazón de las merluzas, y discutieron acerca de su posible relación con la filogenia de las especies de *Merluccius*. Recientemente, Esch & Fernández (1993) sostienen que las hipótesis del origen de las especies de merluzas en el cono sur de América del Sur aún se debaten. Otros antecedentes dicen relación con la dieta de la merluza del sur (Bahamonde, 1953; Ojeda, 1981; Payá, 1992), y la señalan como un consumidor de invertebrados y peces en tallas menores, y especialmente piscívoro en tallas mayores. No hay antecedentes de estudios morfométricos en esta especie, lo que confirma que ha recibido escasa atención en lo que se refiere a investigaciones biológicas complementarias al ordenamiento pesquero.

## MATERIALES Y METODOS

### Obtención de las muestras

Desde agosto de 1992 y hasta julio de 1993, personal del Instituto de Fomento Pesquero recolectó las muestras cuyo número de ejemplares se detallan en la Tabla 1, según zona de pesca y mes, aunque no se cuenta con información precisa del lugar y día de muestreo. Además, la Stevedore Fisheries Services Co. nos proveyó de una muestra de 22 ejemplares recolectados al suroeste del archipiélago de las Malvinas durante diciembre de 1992. Todos los ejemplares fueron congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$ , embalados, y enviados por avión.

Tabla 1. Tamaños muestrales de merluza austral, por zona de pesca y mes.

Sample sizes of southern hake according to fishing area and month.

Región Zona	Undécima		Duodécima		Islas Malvinas
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	
Mes					
Agosto 1992			44	49	
Septiembre	33	65			
Octubre	19		50	24	
Noviembre		48			
Diciembre				89	22
Enero 1993	65	17			
Abril	37	24			
Mayo		29			
Julio		23	10	37	
TOTAL	154	206	104	199	22

### Exámenes parasitológicos

Luego de descongelarlos a temperatura ambiente, a cada uno de los 685 ejemplares utilizados en los exámenes parasitológicos y morfométricos se le determinó su longitud total (LT, con una precisión de  $\pm 1$  mm), y sexo, mediante inspección visual de las gónadas. Se examinaron visualmente la piel, aletas, cámara branquial y cavidad bucal, para la búsqueda de ectoparásitos. La masa visceral se obtuvo mediante un corte ventral. Cada órgano fue disecado, siendo tamizados junto a su contenido,

bajo la acción de un chorro de agua potable a presión, en un cilindro plástico cuyo fondo doble consistía en dos mallas, una de 0,5 y otra de 0,33 mm de luz. El material retenido en los tamices fue examinado mediante microscopio estereoscópico para recolectar los endoparásitos. La preservación del material parasitológico recolectado siguió procedimientos tradicionales (Pritchard & Kruse, 1982). La determinación taxonómica de los parásitos consideró consultas a Yamaguti (1958; 1959; 1961; 1963a; 1963b; 1971), Fernández (1985), Fernández & Durán (1985) y Ho (1991). En algunos análisis se utilizaron las ecuaciones de la relación LT - edad según Ojeda & Aguayo (1986).

### Exámenes morfométricos

En cada ejemplar de los mismos utilizados para los exámenes parasitológicos, además de la LT, se registraron 23 distancias corporales, en mm, según la técnica propuesta por Winans (1987) para la generación de una red de medidas en entrelazado, a partir de los puntos que se señalan en la Fig. 1. Dichas distancias son las siguientes: (1-2), (1-3), (1-4), (2-4), (3-4), (3-5), (3-6), (3-7), (4-5), (4-6), (5-6), (5-7), (5-8), (5-9), (6-7), (7-8), (7-9), (8-9), (8-10), (8-11), (9-10), (9-11) y (10-11). Todas las medidas fueron efectuadas sobre el lado izquierdo, y sólo cuando el ejemplar se encontraba descongelado, manteniendo su posición natural. Las distancias corresponden a una línea recta entre los puntos, tomadas con un compás de madera terminado en agujas, y leídas en una regla graduada.

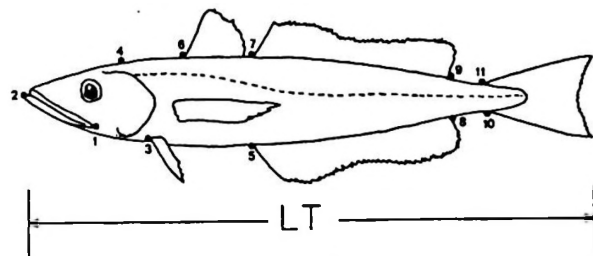


Figura 1. Diagrama de una merluza austral indicando los puntos cuyas distancias definen las 23 variables registradas para los análisis morfométricos.

Diagram of a southern hake showing the points whose distances constitute the 23 variables recorded as a network for multivariate analyses of the morphometry.

### Análisis de los datos parasitológicos

Luego de la determinación taxonómica y conteo de los parásitos, se calculó la prevalencia (P), que corresponde al porcentaje de peces infectados por cada taxon parasitario, y por el conjunto de ellos, en cada muestra, y la abundancia (A), que corresponde al promedio de parásitos de cada taxon, y del conjunto de taxa, por pez examinado en cada muestra (Margolis *et al.*, 1982).

El análisis de los datos parasitológicos comprendió la comparación entre zonas de pesca de la prevalencia y abundancia de cada taxon por separado, y por otra parte, de la composición de los ensamblajes comunitarios de parásitos. Por la naturaleza de estos datos, se aplican respectivamente, métodos de análisis estadísticos univariados y multivariados.

Se consideró a la LT y al sexo del hospedador como variables potencialmente relevantes para explicar las variaciones de los parámetros parasitarios entre las zonas de pesca. La LT puede ser importante en la interpretación de los resultados si, como es el caso: (1) los taxa parasitarios muestran correlaciones entre ésta y la prevalencia o abundancia parasitaria, y además, (2) si existen diferencias entre las muestras en las distribuciones de frecuencias de la LT. En forma similar, el sexo del hospedador puede resultar importante para explicar las diferencias en parasitismo si machos y hembras poseen diferencias en tasas de crecimiento, patrones migracionales, en la ocupación del hábitat o en la composición de su dieta.

Parte de los análisis consistieron en la comparación de la magnitud del parasitismo según zonas de pesca entre ejemplares de similar LT, mediante análisis de la varianza no paramétricos de clasificación única (Siegel & Castellan, 1988). Los valores de prevalencia en las merluzas de aguas interiores y exteriores de la XIIª Región, y las de las islas Malvinas, pueden ser comparados directamente, como consecuencia de la ausencia de diferencias en la LT. En contraste, las merluzas de aguas interiores y exteriores de la XIª Región son prácticamente incomparables en los intervalos comunes de LT, ya que no todos poseen un número suficiente de observaciones como para realizar análisis de inferencia estadística en forma confiable

(ver Tabla 3). En consecuencia, (a) no se incluyeron en ellos la muestra de las islas Malvinas, (b) no se realizaron comparaciones entre zonas de pesca en merluzas menores a 50 o mayores a 90 cm LT, (c) para merluzas entre 50 y 60 cm LT la comparación se realizó sólo entre muestras provenientes de aguas interiores de la XIª Región y de aguas exteriores de la XIIª, (d) para merluzas entre 60 y 70 cm LT las comparaciones del parasitismo abarcaron las cuatro zonas de pesca, y (e) finalmente, para las comparaciones de ejemplares entre 70 y 80 cm LT, y entre 80 y 90 cm LT, no se consideró a los provenientes de aguas interiores de la XIª Región.

En el análisis que consideró al conjunto de los taxa parasitarios se emplearon análisis multivariados, sobre cuyos resultados se aplicaron análisis univariados. El análisis de correspondencia DECORANA (DCA) permitió la ordenación y representación simultánea de los taxa parasitarios y de las muestras de hospedadores en un espacio reducido a una o dos dimensiones (Hill, 1979; Gauch, 1982). Estas dimensiones representan gradientes de composición de la fauna parasitaria, y sus unidades son desviaciones estándar ( $\times 100$ ) de la tasa de reemplazo de taxa en el gradiente. En los DCA, la composición parasitaria fue evaluada como un vector de abundancias relativas expresadas como porcentaje del total de individuos parásitos que cada taxon aportaba en los individuos hospedadores.

Luego se realizó un análisis indirecto de gradientes sobre los puntajes de las observaciones (merluzas), en los ejes derivados del DCA (Ludwig & Reynolds, 1988), con el objeto de averiguar si este gradiente covariaba con alguna de las variables de nuestro interés (LT, zona de pesca, etc.). Estos puntajes representan la posición de las merluzas en un gradiente de composición de su fauna parasitaria. Por lo cual, los análisis de varianza, de covarianza y de regresión de ellos como variables dependientes, consideraron como variables independientes especialmente a la zona de pesca y período de pesca, luego de corregir por el efecto de la LT. Esta "corrección" se realizó mediante el examen de la significancia estadística de las sumas de cuadrados secuenciales en modelos lineales generalizados (PROC GLM, SAS, 1985).

## Análisis de los datos morfométricos

Con los datos de la morfometría de la merluza del sur se utilizaron análisis multivariados, sobre las distancias definidas anteriormente, aunque estandarizadas por tamaño corporal (LT) y expresadas en porcentaje de acuerdo a Winans (1987), con el propósito de disminuir o remover el efecto del tamaño individual.

Se realizó análisis de componentes principales (ACP) y análisis discriminante múltiple (ADM) sobre los datos de distancias morfométricas estandarizadas según la LT, resumiendo así la variabilidad y la covariabilidad de las distancias morfológicas originales. Los ACP fueron realizados sobre la matriz de varianza-covarianza en vez de sobre la matriz de correlaciones, debido a que las unidades de medida son las mismas (Cuadras, 1981). Los procedimientos multivariados siguieron las recomendaciones de James & McCulloch (1990).

El primer ACP consistió en utilizar las 23 distancias. Luego de ACPs exploratorios se eliminó sucesivamente algunas, con el propósito de incrementar la varianza explicada por las primeras componentes principales (o factores discriminantes, según fuese el caso). Permanecieron sólo aquellas distancias cuya medida de suficiencia muestral multivariada de Kaiser fue superior a 0.70 (Cerny & Kaiser, 1977). Los análisis multivariados definitivos fueron realizados sobre las siguientes 17 distancias: (1-2), (1-3), (1-4), (2-4), (3-4), (3-5), (3-6), (3-7), (4-5), (5-6), (5-7), (8-9), (8-10), (8-11), (9-10), (9-11) y (10-11). Luego del último ACP, se realizó un análisis de la covarianza del puntaje de las observaciones en el primer y segundo componente principal, en el que la covariable fue LT, y la variable clasificatoria la zona de pesca.

En el ADM se consideró las 17 distancias morfométricas señaladas en el párrafo anterior, siendo el propósito dimensionar el porcentaje de peces correctamente clasificados por zona de pesca. La medida utilizada fue el cuadrado de la distancia generalizada y el método de clasificación el cruzado simple.

## RESULTADOS

### Descripción general de las muestras

La edad promedio de las merluzas en las muestras fue de 11,1 años (d. e. = 2,95; n = 685). Las más jóvenes fueron muestreadas en abril de 1993 en aguas interiores de la XIª Región (x = 7,4, d. e. = 0,71), y las de más edad, en julio de 1993 en aguas exteriores de la XIª Región (x = 15,6, d. e. = 2,17). En consecuencia, hay diferencias significativas en la LT promedio de las merluzas entre zonas de pesca ( $F_{(4, 680)} = 110,5$ ;  $P < 0,001$ ). Las provenientes de aguas interiores de la XIª Región son más chicas que las demás, en tanto que las de aguas exteriores de la misma región son las más grandes (Fig. 2). La LT promedio de las merluzas de aguas interiores y exteriores de la XIIª Región, y las de la zona de las islas Malvinas, no se diferencian significativamente entre sí, y poseen edades intermedias a las de las otras dos zonas de pesca.

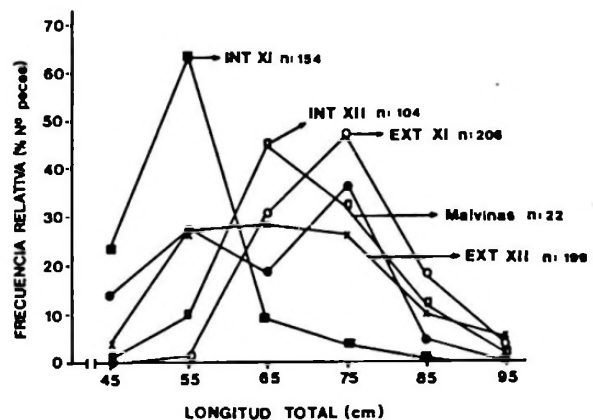


Figura 2. Distribuciones de frecuencia porcentual de la longitud total de las merluzas australes muestreadas entre agosto de 1992 y julio de 1993 en aguas interiores y exteriores de la XIª y XIIª Regiones, y en diciembre de 1992, cerca de las islas Malvinas.

Frequency distributions (in percentage) of total body length in southern hake sampled between august 1992 and July 1993 from inshore and offshore areas of XI<sup>th</sup> and XII<sup>th</sup> Regions, Chile, and in December 1992 near the Malvinas islands.

## Resultados parasitarios univariados

Seiscientos ochenta y cuatro de las 685 merluzas examinadas estaban parasitadas, de las que se recolectaron 15.339 individuos parásitos pertenecientes a 15 taxa. De ellos, 4 eran ectoparásitos, 5 endoparásitos que alcanzan su estado adulto en la merluza, 6 que están al estado larval y que alcanzan su madurez en depredadores de la merluza, y 1 que lo hace en ella misma (Tabla 2).

Todos los análisis que prosiguen se realizan con los datos de ambos sexos en conjunto ya que éste resultó ser un factor no significativo en las variaciones de la abundancia de ningún taxon parasitario (Prueba "U" de Mann-Whitney,  $P > 0,10$  en todos los casos). La LT (o edad) de las merluzas, en cambio, resultó ser un factor de importancia para entender las variaciones de la prevalencia o abundancia de varios taxa (Fig. 3a-k).

La relación entre la prevalencia de las

Tabla 2. Composición taxonómica, prevalencia (P) y abundancia parasitaria (A), en 685 merluzas australes muestreadas de aguas interiores y exteriores de la XIª y XIIª regiones, y alrededor de las islas Malvinas, recolectadas entre agosto de 1992 y julio de 1993. n= número de ejemplares examinados.

Taxonomic composition, prevalence (P) and parasite abundance (A), in 685 southern hake sampled from inshore and offshore areas of the XI<sup>th</sup> and XII<sup>th</sup> Regions of Chile, and near Malvinas islands, between august 1992 and july 1993. n= number of hake examined.

REGION ZONA TAMAÑO MUESTRAL TAXA PARASITARIOS	UNDECIMA REGION		DUODECIMA REGION				ISLAS MALVINAS			
	INTERIOR n= 154 P A	EXTERIOR n= 206 P A	INTERIOR n= 104 P A	EXTERIOR n= 199 P A	P A	P A				
	ECTOPARASITOS									
<i>Chondracanthus palpifer</i> (b)	5,8	0,08	32,0	0,78	10,6	0,21	20,1	0,55	9,1	0,09
<i>Neobrachiella lageniformis</i> (b)	22,7	0,82	20,4	0,79	15,4	0,49	18,1	0,59	22,7	0,59
<i>Trifur tortuosus</i> (p)	16,2	0,22	1,9	0,02	3,8	0,06	4,5	0,06	9,1	0,09
<i>Anthocotyle americanus</i> (b)	2,6	0,03	2,4	0,03	0,0	0,00	0,5	0,01	0,0	0,00
	ENDOPARASITOS ADULTOS									
<i>Derogenes varicus</i> (e)	9,2	0,05	4,9	0,11	25,0	0,73	7,5	0,30	54,5	1,70
<i>Elytrophalloides oatesi</i> (e)	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	63,6	1,40
<i>Aporocotyle australis</i> (c)	42,9	1,14	1,9	0,07	10,6	0,35	11,1	0,41	0,0	0,00
<i>Clestopothrium crassiceps</i> (i)	63,6	2,23	58,3	3,59	79,8	4,59	54,3	2,19	13,6	0,14
<i>Hysterothylacium</i> sp. (e,i)	9,1	0,17	24,3	1,03	22,1	0,76	26,1	0,86	54,5	4,00
	ENDOPARASITOS LARVALES									
<i>Anisakis</i> sp.(m)	80,5	3,97	94,2	10,79	97,1	9,30	86,9	12,13	95,5	12,50
<i>Contracaecum</i> sp.(h)	40,3	1,29	37,9	1,31	68,3	2,82	49,7	2,21	50,0	0,91
<i>Pseudoterranova decipiens</i> (m)	3,2	0,04	15,0	0,19	17,3	0,21	11,1	0,16	0,0	0,00
<i>Hysterothylacium</i> sp.(e,i)	54,5	1,99	60,7	6,19	45,2	2,03	59,8	4,49	72,7	6,00
<i>Corynosoma</i> sp.(m)	0,0	0,00	0,0	0,00	1,1	0,01	0,0	0,00	0,0	0,00
<i>Grillotia heptanchi</i> (m)	3,9	0,04	6,3	0,06	3,8	0,04	3,0	0,03	13,6	0,14
<i>Hepatoxylon trichiuri</i> (m)	3,9	0,04	52,4	2,09	20,2	0,39	41,2	1,13	13,6	0,18
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>12,10</b>	<b>100,0</b>	<b>27,08</b>	<b>100,0</b>	<b>21,98</b>	<b>99,5</b>	<b>25,13</b>	<b>100,0</b>	<b>27,72</b>

b= branquias, p= piel, c= corazón, e= estómago, h= hígado, i= intestino, m= cavidad corporal, mesenterios, musculatura.

parasitosis más frecuentes y la LT reveló patrones de similar tendencia en las cuatro zonas de pesca de aguas jurisdiccionales de Chile: *Chondracanthus palpifer* (Fig. 3a), *Anisakis* sp. (Fig. 3g), y *Hepatoxylon trichiuri* (Fig. 3l), tienden a aumentar con la LT, en cambio, *Neobrachiella lageniformis* (Fig. 3b) y *Aporocotyle australis* (Fig. 3d), tienden a disminuir. Las demás parasitosis no mostraron tendencias claras de la prevalencia con la talla de las merluzas

(Figs. 3c, e, f, h, i, j, k). En forma similar a la prevalencia, la abundancia total de parásitos, y la de *Chondracanthus palpifer*, *Anisakis* sp. y *Hepatoxylon trichiuri* aumentan con la longitud total de las merluzas, en tanto que las de *Aporocotyle australis* y *Neobrachiella lageniformis* disminuyen ( $P < 0,05$ ,  $n = 663$ ), aunque dan cuenta de una pequeña fracción de la varianza de su abundancia.

En general, los mismos taxa parasitarios se

encontraron en cada una de las zonas de pesca, con la excepción del digeneo *Elytrophalloides oatesi*, que apareció sólo en la muestra proveniente de las islas Malvinas (Tabla 2). En aguas interiores de la XIIª Región las merluzas tienen una mayor prevalencia de *Derogenes varicus*, *Cleistobothrium crassiceps*, *Anisakis* sp. y *Contracaecum* sp., y una menor prevalencia de *Chondracanthus palpifer*, larvas de *Hysterothylacium* sp. y *Hepatoxylon trichiuri*, que en las de aguas exteriores (Prueba de Chi-Cuadrado,  $P < 0,05$ ). La abundancia parasitaria sigue un patrón similar al de la prevalencia. Sin embargo, el caso de *Anisakis* es una excepción, ya que aunque las merluzas de aguas interiores de la XIIª Región poseen mayor prevalencia, su abundancia es menor que en las de aguas exteriores de la misma Región (Tabla 2).

Las merluzas de la muestra de las islas Malvinas, al ser comparadas con las de la XIIª Región, mostraron mayores prevalencias y abundancias de *Elytrophalloides oatesi*, *Derogenes varicus*, *Grillotia heptanchi*, *Hysterothylacium* sp. adultos y larvas, y menores de *Cleistobothrium crassiceps*, *Contracaecum* sp. y *Hepatoxylon trichiuri* (Tabla 2).

Al comparar merluzas de una misma clase de LT entre zonas administrativas, se observaron las siguientes diferencias en la abundancia parasitaria de los taxa más frecuentes: (a) las merluzas entre 50 y 60 cm LT de aguas interio-

res de la XIª Región poseen mayor abundancia de *Aporocotyle australis* y *Trifur tortuosus*, y menor abundancia de *Hysterothylacium* sp. adultos y larvas, *Hepatoxylon trichiuri* y número total de parásitos que las de aguas exteriores de la XIIª Región (Tabla 3). (b) Las merluzas entre 60 y 70 cm LT de aguas exteriores de la XIIª Región poseen menor abundancia de *Aporocotyle australis* que las de las otras tres zonas de pesca (Tabla 3). (c) En las merluzas entre 70 y 80 cm LT, y también en las entre 80 y 90 cm LT hay más *D. varicus* y *C. crassiceps* en aguas interiores de la XIIª que en aguas exteriores de la XIª y XIIª Regiones. Además, las de aguas exteriores de la XII Región se caracterizan por ser las que poseen mayores abundancias de *Anisakis* y *Aporocotyle*, en esos intervalos de LT.

En resumen, los taxa que más frecuentemente muestran diferencias entre zonas de pesca son *Elytrophalloides oatesi*, *Anisakis* sp. *Derogenes varicus*, *Grillotia heptanchi*, *Hysterothylacium* sp., *Cleistobothrium crassiceps*, *Contracaecum* sp. y *Hepatoxylon trichiuri* (Tablas 2 y 3).

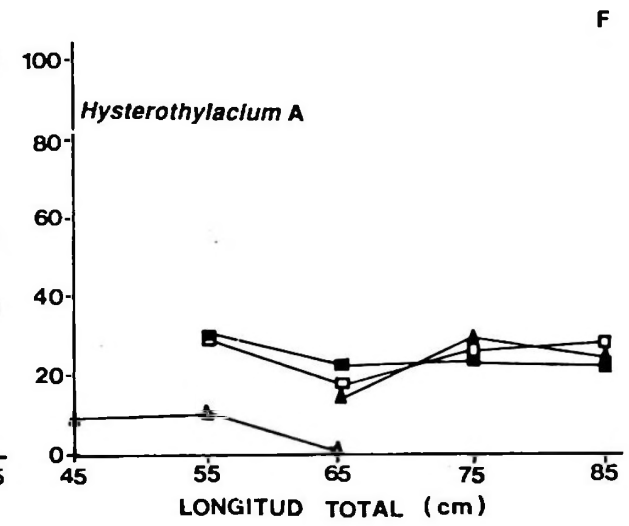
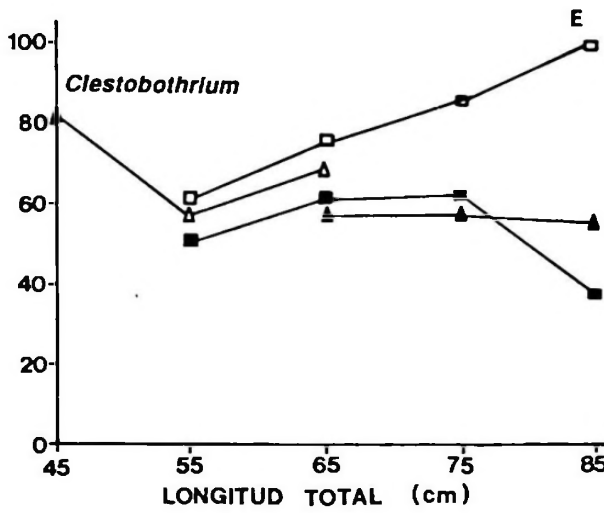
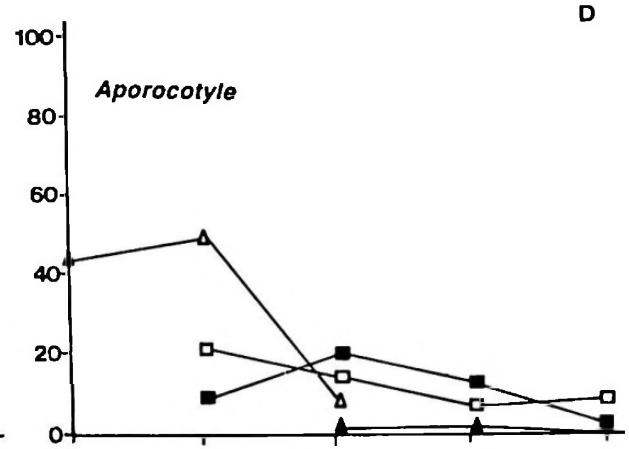
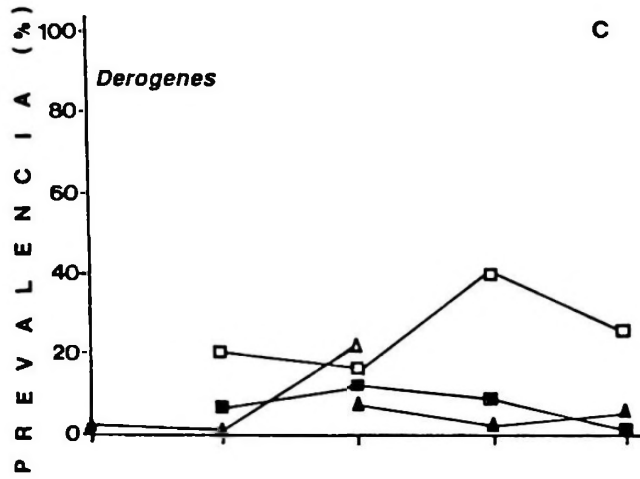
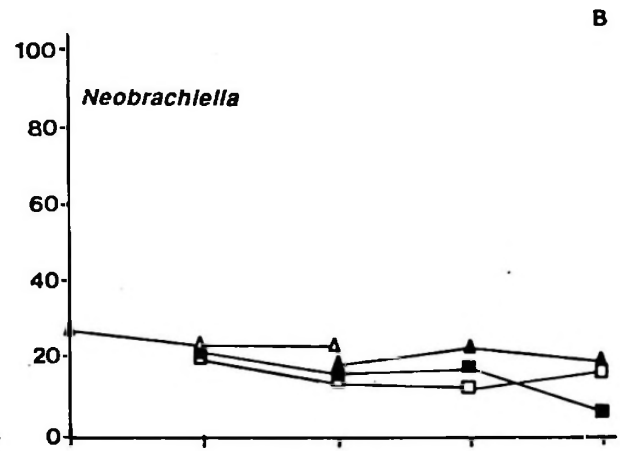
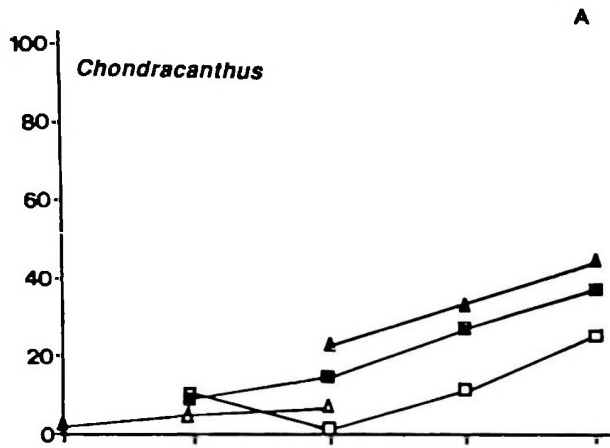
### Resultados parasitarios multivariados

Los valores propios de la ordenación de 15 taxa parasitarios (excluido *Corynosoma* sp.) y 684 infracomunidades son 0,47, 0,29, 0,26 y 0,20 del

Tabla 3. Resumen de los resultados de las comparaciones entre zonas de pesca de la abundancia total y de 9 taxa parasitarios de la merluza austral, según intervalos de LT de 10 cm. Los nombres de los taxa están abreviados a las cuatro primeras letras del nombre genérico. Totpar= Abundancia total de parásitos. A= Interiores XIª Región, B= Exteriores XIª Región, C= Interiores XIIª Región, D= Exteriores XIIª Región, E= Islas Malvinas, (ad)= adultos, (lv)= larvas.

Summary of results of comparisons between fishing areas of the total abundance and of 9 parasite taxa of the southern hake, according to total length classes of 10 cm each. Names of taxa are abbreviated to the first four letters of the genus name. Totpar= Total Abundance. A= Inshore XI<sup>th</sup> Region, B= Offshore XI<sup>th</sup> Region, C= Inshore XII<sup>th</sup> Region, D= Offshore XII<sup>th</sup> Region, E= Malvinas islands. (ad)= adults, (lv)= larva.

Longitud Total (cm)	Trif	Cles	Apor	Dero	Hyst(ad)	Anis	Cont	Hepa	Hyst (lv)	Totpar	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
< 50											37	0	1	8	3
50 - 60	A > D		A > D		D > A			D > A	D > A	D > A	98	3	10	54	6
60 - 70			D > B						B > C		13	63	46	56	4
70 - 80		C > D = B	D > B	C > B = D	D > B = C	C = D > B	B = D > C		D > B = C		5	96	33	52	8
80 - 90		C > D		C > D		D > B	C > B				1	36	12	19	1
> 90											0	8	2	10	0
TOTAL											154	206	104	199	22





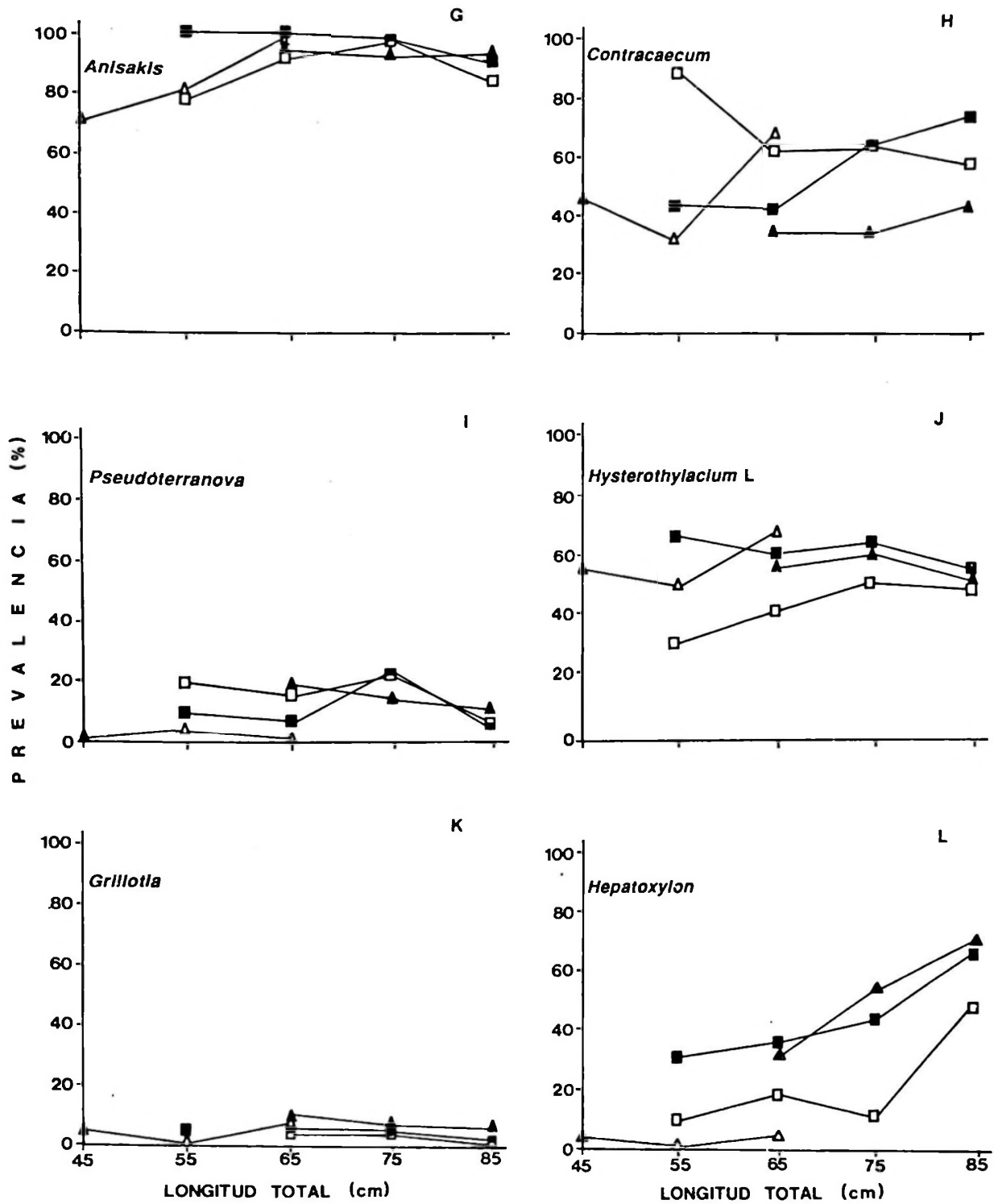


Figura 3. Relación entre la prevalencia del parasitismo con la longitud total de la merluza austral, para los 12 taxa más frecuentes, según zonas de pesca en Chile. (Δ) Aguas interiores XI<sup>a</sup> Región, (▲) Aguas exteriores XI<sup>a</sup> Región, (□) Aguas interiores XII<sup>a</sup> Región, (■) Aguas exteriores XII<sup>a</sup> Región.

Relationship between the prevalence and total body length of southern hake for the 12 most frequent parasite taxa, according to fishing areas in Chile. (Δ) Inshore XI<sup>th</sup> Region, (▲) Offshore XI<sup>th</sup> Region, (□) Inshore XII<sup>th</sup> Region, (■) Offshore XII<sup>th</sup> Region.

primer al cuarto eje, respectivamente. En dicha ordenación, los mismos taxa mencionados en los resultados de los análisis univariados son los que se ubican en los extremos del primer gradiente composicional, destacando a *Aporocotyle australis* y *Trifur tortuosus* en los peces de aguas interiores de la XIª Región, y a *Hepatoxylon trichiuri* e *Hysterothylacium* sp. adultos, en los de aguas exteriores de la misma región (Fig. 4 a - c). En forma correspondiente, *Elytrophalloides oatesi* señala a las merluzas de las islas Malvinas (Fig. 4 a y d).

Las líneas imaginarias que unen las coordenadas de los taxa parasitarios en los dos primeros ejes del DCA destaca a los de mayor prevalencia (Fig. 4a, *Anisakis*, *Cleistobothrium*, *Contracaecum*, *Aporocotyle*, *Hysterothylacium* larva), y definen el espacio en que se distribuye la mayoría de las merluzas (Fig. 4b - d). Los individuos hospedadores que poseen una posición vecina o idéntica en dicho espacio (Fig. 4b, c y d), son muy similares o idénticos, respectivamente, en la composición y abundancia relativa de su parasitofauna, observable en forma correspondiente a la posición de los taxa en la Fig. 4a. De este modo, las Fig. 4a - c muestran en forma simultánea, la gran similitud en la composición de los ensambles de parásitos de las merluzas de la XIª y XIIª Regiones. Las pequeñas diferencias no son significativas, y dan cuenta de menos de un 1% de la varianza en composición parasitaria en el primer eje del DCA ( $F_{(1, 659)} = 3,55$ ;  $P < 0,98$ ).

Tanto la abundancia total ( $\bar{x} = 22,4$  individuos parásitos por merluza, d. e. = 17,0; rango = 0 - 166;  $r_s = 0,46$ ;  $P < 0,001$ ,  $n = 685$ ), como el número de taxa parasitarios ( $\bar{x} = 3,97$ ; d. e. = 1,38, rango = 0 - 8;  $r_s = 0,22$ ;  $P < 0,001$ ;  $n = 685$ ), aumentan con la edad de la merluza. Dicho cambio en composición de la fauna parasitaria de las merluzas a lo largo de su ontogenia se refleja en la correlación entre el primer eje del DCA y la LT (Fig. 6,  $r_s = -0,24$ ;  $P < 0,001$ ;  $n = 684$ ). Sin embargo, la pendiente de la relación entre la composición parasitaria y la edad de las merluzas es distinta para la XIª y XIIª Regiones, aunque explica sólo un 2,4% de la varianza ( $F_{(1, 658)} = 17,1$ ;  $P < 0,001$ ).

Al contrastar para cada región entre aguas interiores y exteriores se observa que la tendencia al cambio en la composición de la fauna parasitaria de las merluzas pequeñas de aguas

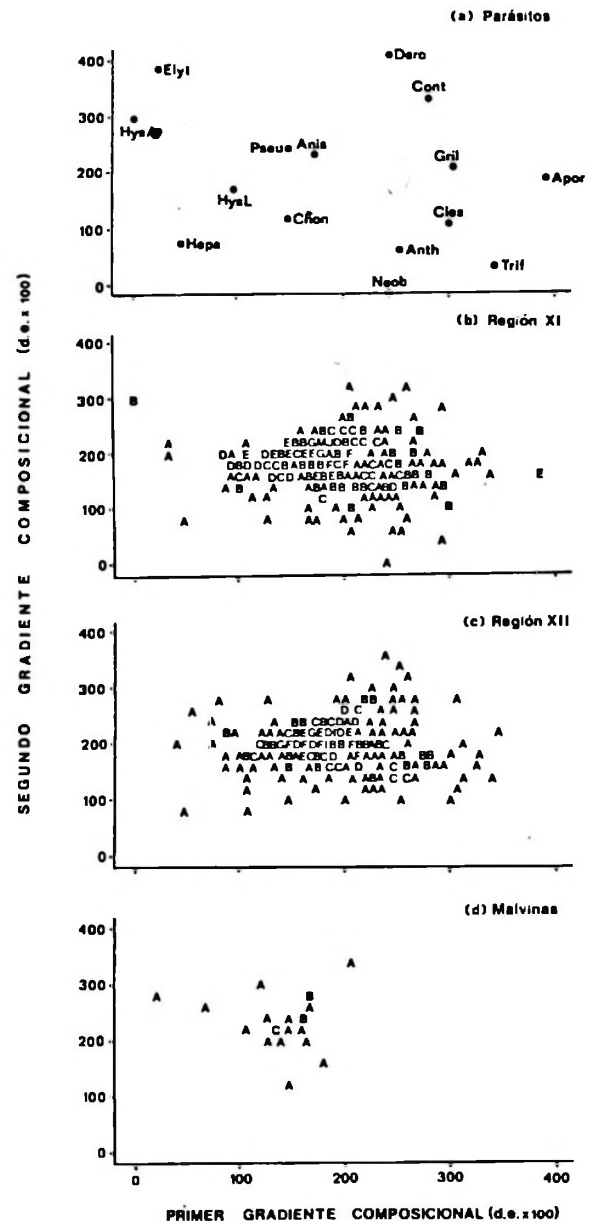


Figura 4. (a) Posición de 14 taxa parasitarios de la merluza austral en el espacio reducido a dos dimensiones según un DCA realizado sobre la abundancia relativa en los individuos hospedadores. Los nombres de los taxa corresponden a las cuatro primeras letras del género. (b) Representación de las merluzas recolectadas de la XIª Región, (c) de la XIIª Región, y (d) de las islas Malvinas. Las unidades son desviaciones estándar (x 100) de la tasa de reemplazo de taxa en el gradiente. A = una observación, B = dos observaciones, C = tres observaciones, etc.

(a) Position of 14 parasite taxa in a two-dimensional space reduced according to a DCA on the relative abundance of parasites in host individuals. Names of taxa are abbreviated to the first four letters of the genus name. (b) Display of southern hakes (infracommunities) from XI<sup>th</sup> region, (c) from XII<sup>th</sup> Region, and (d) from Malvinas islands. Units are s.d. (x 100) of the turnover rate of taxa along the gradient. A = one observation, B = two obs., etc. Other abbreviations as in table 3.

interiores de la XIª Región se prolonga en forma similar en las de aguas exteriores (Fig. 5a,  $F_{(1, 356)} = 0,01$ ;  $1,0 > P > 0,99$ ). En cambio, hay diferencias significativas en la composición parasitaria de las merluzas de aguas interiores y exteriores de la XIIª Región ( $F_{(1, 299)} = 16,2$ ;  $P < 0,001$ ), aunque la zona de pesca sólo explica el 5,1% de su varianza (Fig. 5b).

Las variaciones de la composición de la parasitofauna a lo largo del período de estudio se pueden observar en la composición de los ensambles de parásitos en las muestras mensuales según zona de pesca (Tabla 4). De la posición de las muestras "mensuales" en el primer gradiente composicional del DCA, en relación a la LT promedio de los peces en las muestras (Fig. 6), se desprende que las merluzas grandes de aguas interiores de la XIª Región muestreadas en octubre poseen una composición parasitaria muy parecida a la de merluzas de similar LT muestreadas en julio y octubre desde aguas exteriores e interiores de XIIª Región. Además, las variaciones "mensuales" de la composición parasitaria de las merluzas de aguas exteriores e interiores de la XIIª Región se

entrecruzan, y las merluzas más jóvenes de aguas exteriores de la XIª Región que fueron muestreadas en septiembre se parecen en composición parasitaria a las muestreadas en octubre de aguas exteriores de la XIIª Región. Finalmente, se destaca que aunque sólo las merluzas de las islas Malvinas poseen *E. oatesi*, éstas se parecen más a las recolectadas en diciembre en aguas exteriores de la XIIª Región.

### Resultados morfológicos

El promedio y desviación estándar de las 23 distancias corporales se entregan en la Tabla 5, para las merluzas de cada zona de pesca. Los coeficientes de variación de las distancias corporales cuyo origen se encuentra en la inserción de la aleta pélvica y en el ano son altos, además de los de algunas distancias del pedúnculo caudal (ver Fig. 1).

El primer ACP, que consideró las 23 distancias, arrojó valores relativamente bajos de las varianzas explicadas por las primeras 2 ó 3 componentes, con sólo un 35,5% y 47,4% del

Tabla 4. Número de individuos de 15 taxa parasitarios de la merluza austral según zona de pesca y muestra, recolectados entre agosto de 1992 y julio de 1993. n= número de merluzas examinadas.

Number of parasites collected per monthly sample in southern hake, according to fishing area and month. n= number of hake examined.

REGION ZONA	UNDECIMA REGION										DUODECIMA REGION						ISLAS MALVI- NAS	
	INTERIORES				EXTERIORES						INTERIORES			EXTERIORES				
MES DE MUESTREO TAXA PARASITARIOS	Se	Oc	En	Ab	Se	No	En	Ab	My	Jl	Ag	Oc	Jl	Ag	Oc	Di	Jl	Di
<i>Chondracanthus palpiter</i>	1	2	8	2	38	40	21	46	9	6	12	8	2	21	10	72	6	2
<i>Neobrachiella lageniformis</i>	66	6	46	8	52	28	18	26	16	23	14	28	9	21	3	87	7	13
<i>Trifur tortuosus</i>	4	1	29	0	1	1	1	0	1	0	6	0	0	10	0	1	0	2
<i>Anthocotyle americanus</i>	2	1	2	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Derogenes varicus</i>	1	6	0	0	0	8	2	0	13	0	38	38	0	34	9	0	17	37
<i>Elytrophalloides oatesi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>Aporocotyle australis</i>	39	0	108	28	6	9	0	0	0	0	36	0	0	55	0	3	23	0
<i>Cleistobothrium crassiceps</i>	110	33	150	51	175	86	149	134	88	108	280	184	13	234	56	91	56	3
<i>Hysterothylacium sp. (a)</i>	6	1	13	6	40	13	17	118	0	24	12	67	0	30	10	120	12	88
<i>Anisakis sp.</i>	68	143	338	62	660	1014	167	125	100	158	378	511	78	344	567	1333	170	275
<i>Contracaecum sp.</i>	98	60	35	6	64	158	16	5	11	16	165	118	10	178	68	163	31	20
<i>Pseudoterranova decipiens</i>	1	0	5	0	15	17	0	7	0	1	4	17	1	6	8	16	1	0
<i>Hysterothylacium sp. (l)</i>	80	35	134	57	380	70	49	454	72	251	53	134	24	167	100	500	127	132
<i>Grillotia heptanchi</i>	2	1	3	0	6	3	4	0	0	0	3	1	0	2	1	3	0	3
<i>Hepatoxylon trichiuri</i>	0	2	0	4	30	86	95	51	32	137	15	26	0	16	52	133	25	4
n	33	19	65	37	65	48	17	24	29	23	44	50	10	49	24	89	37	22

total acumulado, respectivamente. En cambio, los resultados del ACP realizado con 17 distancias corporales se consideran satisfactorios debido a que los primeros 2 y 3 componentes principales explican el 64% y 72% de la varianza acumulada, respectivamente.

Las correlaciones de cada distancia morfométrica con los 3 primeros componentes principales se entregan en la Tabla 6. El primer componente principal da cuenta del 55% de la varianza del espacio morfométrico, y las distancias corporales mejor correlacionadas con él son las de la cabeza, incluyendo la cintura

pélvica (distancias 1-2, 1-3, 1-4 y 2-4). El segundo componente principal da cuenta del 9% de la varianza del espacio morfométrico, y las distancias corporales que mejor se correlacionan con él son las que representan la parte media del cuerpo, por lo que queda incluida la cavidad visceral (distancias 4-5, 5-6 y 5-7), y están especialmente asociadas a la posición del ano. El tercer componente principal da cuenta del 8% de la varianza, y las distancias corporales con mejor correlación (distancias 3-5, 3-6 y 3-7), están asociadas a la posición de la aleta pectoral.

El análisis de la varianza de los puntajes de las merluzas en el primer componente principal reveló que la zona de pesca es una fuente significativa de variación de su morfometría, aunque da cuenta de sólo un 6,4% de la varianza ( $F_{(4, 680)} = 12,1; P < 0,001$ , Fig. 7).

La clasificación de grupos de peces en las 5

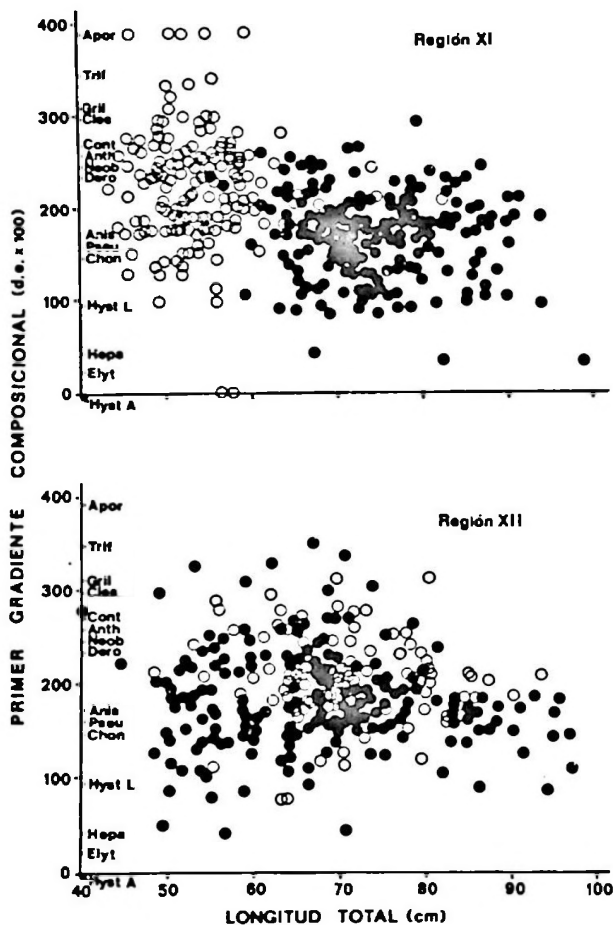


Figura 5. Relación entre el gradiente de composición de la fauna parasitaria de la merluza austral en el primer eje DCA (expresado en unidades de desviación estándar x 100), y la longitud total de los hospedadores (cm), según (○) aguas interiores, y (●) aguas exteriores, para la (a) XIª Región y (b) XIIª Región.

Relationship between the first DCA compositional gradient of the parasite fauna in the southern hake (in standard deviation units x 100), and total body length of the hosts (cm), according to (○) inshore, and (●) offshore in (a) the XI<sup>th</sup> Region, and (b) the XII<sup>th</sup> Region, Chile.

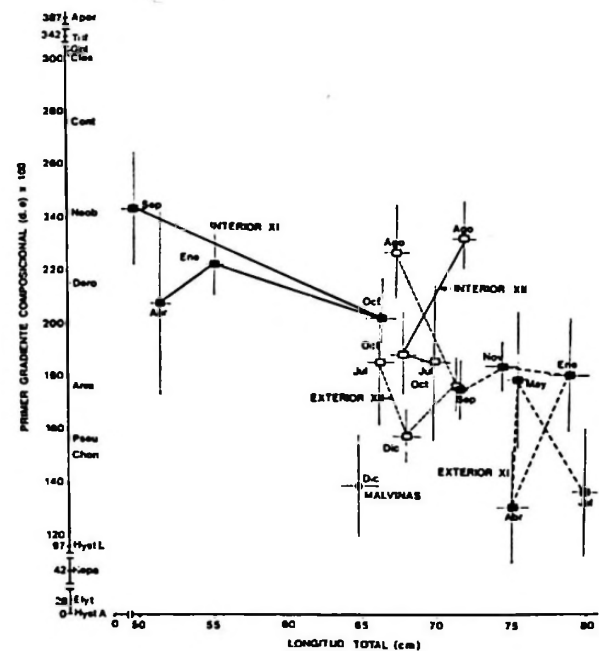


Figura 6. Composición parasitaria promedio muestral ( $\pm 2$  errores estándar) de las merluzas individuales en el primer eje DCA, y la LT promedio muestral en las cinco zonas de pesca. En el primer eje DCA se indica la posición de 14 taxa parasitarias. El mes de muestreo se indica con las tres primeras letras. Otras abreviaciones como en Tabla 3.

Average parasite composition in samples ( $\pm 2$  standard errors) of individual hosts in the first DCA axis, and the mean total length by fishing areas. In the first DCA axis is shown the position of 14 parasite taxa. Month of sampling is abbreviated to the first three letters. Other abbreviations as in Table 3.

Tabla 5. Promedio y desviación estándar de las 23 distancias corporales registradas en la merluza austral en cada zona de pesca.

Mean and standard deviation of 23 body distances recorded in southern hake according to fishing areas.

VARIABLE	UNDECIMA REGION		DUODECIMA REGION		I. MALVINAS	
	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR
(1-2)	7,04 0,83	9,48 1,16	8,76 1,09	8,80 1,60	8,39	1,68
(1-3)	5,47 0,60	7,31 1,02	6,61 0,94	6,91 1,33	7,01	1,59
(1-4)	7,70 0,89	10,69 1,25	9,89 1,26	9,98 1,84	9,38	1,68
(2-4)	12,01 1,32	16,54 1,98	15,32 1,85	15,45 2,75	14,69	2,92
(3-4)	6,73 1,04	9,98 1,40	9,07 1,28	9,30 2,27	8,84	1,93
(3-5)	10,91 1,73	15,69 2,44	14,68 2,45	14,61 3,42	13,87	2,59
(3-6)	7,82 1,13	11,58 1,64	10,47 1,50	10,82 2,53	10,41	2,13
(3-7)	11,89 1,69	17,17 2,41	15,79 2,28	15,98 3,39	15,20	3,27
(4-5)	12,46 1,93	18,06 2,63	16,84 2,61	17,10 3,99	15,98	3,23
(4-6)	3,31 0,54	4,67 1,09	4,16 0,68	4,23 0,88	4,17	0,86
(5-6)	10,06 1,64	14,93 2,15	13,87 2,36	14,31 3,56	13,25	2,81
(5-7)	7,18 1,07	10,99 2,06	9,92 1,75	10,43 2,77	9,76	2,31
(5-8)	21,39 2,61	29,56 2,68	27,85 3,37	27,36 4,51	25,88	4,39
(5-9)	21,48 2,64	29,69 3,21	27,93 3,38	27,53 4,60	26,09	4,48
(6-7)	6,32 0,98	8,94 2,03	8,31 1,27	8,29 1,62	7,75	1,22
(7-8)	22,49 2,79	31,24 3,08	29,36 3,66	28,92 5,05	27,38	4,88
(7-9)	21,99 2,75	30,41 3,65	28,62 3,61	28,24 4,93	26,76	4,60
(8-9)	2,24 0,27	3,15 0,35	2,83 0,39	2,91 0,55	2,64	0,47
(8-10)	2,33 0,39	3,05 0,46	3,11 0,55	2,91 0,50	2,67	0,52
(8-11)	3,15 0,40	4,14 0,51	3,99 0,62	3,91 0,66	3,65	0,62
(9-10)	3,29 0,46	4,32 0,49	4,39 0,73	4,08 0,75	3,77	0,62
(9-11)	2,52 0,41	3,21 0,48	3,33 0,63	3,08 0,56	2,86	0,41
(10-11)	2,35 0,32	3,19 0,37	2,76 0,40	2,92 0,64	2,76	0,59

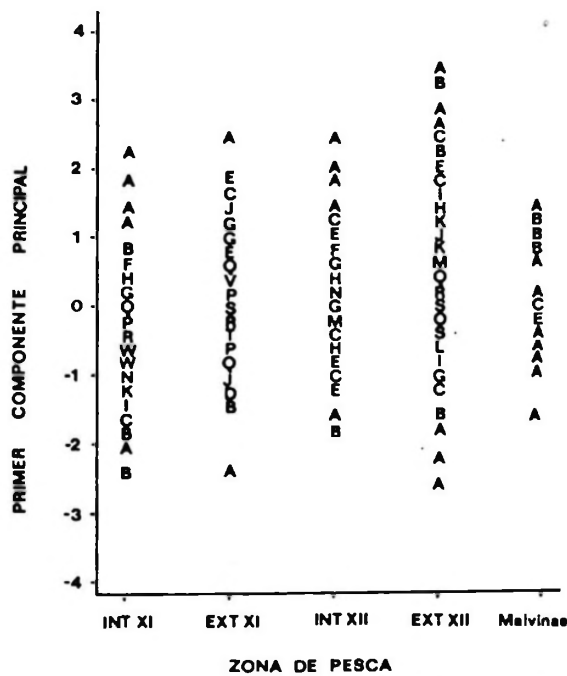


Figura 7. Distribuciones de frecuencia de los puntajes de las observaciones en el primer componente principal de un análisis llevado a cabo sobre la matriz de varianza-covarianza de 17 distancias morfométricas de la merluza austral, según cinco zonas de pesca. A= una observación, B= dos observaciones, C= tres observaciones, etc.

Frequency distributions of the scores of southern hake in the first principal component from an analysis on the variance-covariance matrix of 17 morphometric variables, according to five fishing areas. A= one observation, B= two obs., etc.

Tabla 6. Correlaciones de 17 distancias morfométricas con las 3 primeras componentes principales (CP). Con el símbolo "&" se indica los mayores valores en relación a la respectiva componente.

Pearson's correlation coefficients of 17 body distances with the 3 first principal components (CP). The symbol "&" indicates the highest values.

VARIABLE	1ª CP	2ª CP	3ª CP
(1-2)	0,60(&)	0,10	0,12
(1-3)	0,77(&)	0,07	-0,13
(1-4)	0,71(&)	0,12	0,28
(2-4)	0,89(&)	0,09	0,05
(3-4)	0,35	0,44	0,39
(3-5)	0,17	0,48	0,69(&)
(3-6)	0,30	0,36	0,51(&)
(3-7)	0,20	0,19	0,81(&)
(4-5)	0,23	0,86(&)	0,36
(5-6)	0,16	0,87(&)	0,26
(5-7)	0,18	0,58(&)	0,05
(8-9)	0,40	0,23	0,10
(8-10)	0,07	-0,03	-0,10
(8-11)	0,14	-0,01	-0,05
(9-10)	0,02	0,02	-0,02
(9-11)	0,03	-0,06	-0,06
(10-11)	0,49	0,15	0,11

zonas de pesca a través del ADM basado en 17 distancias morfométricas relativizadas (Tabla 7), señala que el 45% de los peces se mezclan, o bien, que el 55% queda "bien clasificado". Las merluzas de aguas interiores de la XIª Región

presentan el mayor grado de individualidad como grupo (69%), en tanto que las de las 2 zonas de pesca de la XIIª Región exhiben menores individualidades como grupo (46% cada una), aunque la menor de todas es exhibida por las de las islas Malvinas (9,1%), que se parecen morfométricamente más a las de aguas exteriores de la XIIª Región que a las demás.

Tabla 7. Frecuencias porcentuales de clasificación en "grupos" de merluzas australes de cinco zonas de pesca, basadas en la morfometría, a través del Análisis Discriminante Múltiple (n = 685).

Frequencies (in %) of correct classification in "groups" of hakes from five fishing areas, according to the morphometry through a multiple discriminant analysis (n = 685).

DESDE GRUPO	PORCENTAJE CLASIFICADO EN:				
	XI int.	XI ext.	XII int.	XII ext.	Malvinas
XI int.	69,46	16,77	2,40	10,78	0,60
XI ext.	9,95	59,70	4,48	24,38	1,49
XII int.	8,51	21,28	45,74	24,47	0,00
XII ext.	20,39	23,30	10,19	45,63	0,49
Malvinas	13,64	18,18	4,55	54,55	9,09

## DISCUSION

El que las merluzas provenientes de las cinco zonas de pesca sean muy similares en fauna parasitaria (Tabla 2) y morfometría (Tabla 5) sugiere desde ya que hay una gran homogeneidad en las condiciones ecológicas que las rodean en todo su rango de distribución en el cono sur de Sudamérica. La similitud en fauna parasitaria con registros previos revela que ésta es una característica robusta de la especie, ya que aquí se encontró a catorce de los 15 taxa parasitarios registrados por Fernández (1985). Además, al comparar estos resultados con los de Fernández (1985) en ejemplares de similar LT, se aprecia una menor abundancia de varios taxa parasitarios en este estudio. Esto puede ser adjudicado tanto a las diferencias en localidad de muestreo, año de muestreo, o bien al efecto que pueden haber ejercido tanto las acciones de pesca como otros factores ambientales, sobre otros hospedadores de estos parásitos, o sobre la misma merluza. La diferencia en registro taxonómico con el trabajo de Fernández

(1985) es la ausencia de *Scolex pleuronectis* en este estudio, en tanto que el hallazgo de *Pseudoterranova decipiens* es un nuevo registro para la merluza austral en el país. Ambos son taxa parasitarios con un amplio rango de hospedadores.

El principal eje de variación de la fauna parasitaria está dado por la edad de la merluza austral (Figs. 3 y 6). La secuencia de especies parásitas que las coloniza a lo largo de su vida cuenta por ejemplo, al digeneo *Aporocotyle australis* entre los parásitos dominantes en los peces de menor edad, y a *Anisakis* y *Hepatoxylon trichiuri* en los de más edad (Fig. 6). Sin embargo, se desconoce el ciclo vital de la mayoría de los taxa parasitarios de la merluza austral, aunque se conoce que *Anisakis* sp. madura en cetáceos, *Contracaecum* sp., *P. decipiens* y *Corynosoma* sp. maduran en lobos marinos, y *Grillotia heptanchi* y *Hepatoxylon trichiuri* en tiburones. Se sabe además que las larvas de *Hysterothylacium* sp. que maduran en la merluza austral, acceden a ésta mediante el consumo de su principal ítem alimentario, la merluza de cola *Macruronus magellanicus* Lönnberg (Payá, 1992; Riffo & George-Nascimento, 1992). Por lo expuesto, se puede deducir que la mayor abundancia de *Anisakis* y *H. trichiuri* en merluzas de aguas exteriores señala una mayor proximidad ecológica con cetáceos y elasmobranchios, respectivamente, que las de aguas interiores (Tabla 2). Asimismo, la mayor abundancia de *Hysterothylacium* sp. en merluzas grandes de aguas exteriores de la XIª Región (Tabla 2) sugiere que el consumo de la merluza de cola ocurre preferentemente en esta zona de pesca y por peces de gran tamaño.

*Anisakis* sp., *Grillotia heptanchi*, *Contracaecum* sp. y *Hepatoxylon trichiuri* están entre los parásitos que muestran diferencias entre las zonas de pesca y que tienen en común que son estados larvales que maduran en depredadores de la merluza austral. Estos, en general, son acumulativos y poseen un largo promedio de vida en el hospedador, y por lo tanto constituyen marcas permanentes (*Anisakis*, *Contracaecum*, *Hepatoxylon trichiuri*). Por consiguiente, las diferencias en abundancia o prevalencia indicarían que las merluzas capturadas en un determinado lugar poseen residencias bastante altas (años) en dichas zonas de pesca y una alimentación conservadora en el tiempo. Esto

lo sugiere la mayor abundancia de *Anisakis* en aguas exteriores de la XIIª Región, en merluzas entre 70 y 90 cm LT (Tabla 3). En cambio, la mayor abundancia de los endoparásitos adultos *Aporocotyle australis*, *Derogenes varicus* y *Cleistobothrium crassiceps* en merluzas de aguas interiores (Tabla 2) señalan que su alimentación es distinta que en las aguas exteriores, aunque éstos no constituyen marcas permanentes, y por ende, su escala de variación temporal puede ser más estacional (Fig. 6).

De los resultados parasitarios se deduce la existencia de al menos cuatro grupos ecológicos de la merluza austral, y que dada la misma composición de tallas en las muestras (Fig. 2) sugiere que tienen un componente predominantemente ontogenético. Un quinto grupo, correspondiente a la muestra de las islas Malvinas (Tabla 2, Fig. 6) señala diferencias adjudicables a variaciones de la dieta en una migración hacia el Atlántico, por una fracción de las merluzas del extremo más austral de Chile.

Los resultados de los análisis morfométricos también muestran una alta similitud entre los ejemplares de merluza austral provenientes de las Regiones XIª y XIIª, tanto de las zonas de aguas exteriores como de aguas interiores, así como también de los de las islas Malvinas (Tabla 7). Las diferencias morfológicas entre zonas de pesca están dadas principalmente en la forma de la cabeza (Tabla 5). Aunque la magnitud de esta diferenciación morfológica es pequeña (Fig. 7), una explicación adecuada requiere suponer algún grado de permanencia diferencial de los grupos de merluzas en las zonas de pesca que fueron capturadas. Esto queda representado en su escasa individualidad como grupo (Tabla 7), lo que se interpreta como resultado de un alto grado de mezcla entre las zonas de pesca. Ambas conclusiones de los análisis morfométricos, es decir, que existe tanto un cierto grado de residencia como de mezcla se complementan con los resultados de los análisis de la fauna de parásitos. En efecto, en términos estrictamente poblacionales, no existen barreras geográficas entre las "aguas exteriores" de las Regiones XIª y XIIª, ni entre aguas exteriores e interiores de cada región. Las aguas interiores de la Región XIª pueden ser áreas de refugio de ejemplares más

pequeños o juveniles, los que en el transcurso de su ontogenia se incorporarían a la fracción de la población de clases de edad más avanzadas. Aunque no se excluye la posibilidad de otras áreas de crianza por ejemplo, en las islas Malvinas, se cree que serían de menor magnitud que la de las aguas interiores de la XIª Región. Se considera posible que dentro de una misma clase de edad haya fracciones migratorias y residentes hacia y en una determinada zona de pesca, estableciendo así la diferenciación parasitaria y morfológica descrita.

Con todo, la diferencia más notoria entre las muestras es en la composición de clases de edad en las distintas zonas de pesca (Fig. 2). El solo hecho que estas diferencias sean en la escala de años sugiere un ciclo de vida de la merluza austral en el que el reclutamiento a la pesquería ocurre al interior de la XIª Región incluyendo una migración posterior por aguas interiores hacia el sur, hasta las aguas interiores de la XIIª Región, luego hacia el oeste, hacia aguas exteriores de la XIIª Región, y hacia el este, hacia el océano Atlántico, para más tarde volver hacia el Pacífico, y desplazarse hacia el norte hasta las aguas exteriores de la XIª Región, en edades de mayor reproducción, hacia las principales áreas de desove.

Se concluye, por lo tanto, que la merluza austral conformaría una sola unidad poblacional en todo su rango de distribución en el cono sur de Sudamérica. Por este motivo, un manejo racional de esta pesquería debiera considerar la protección de las áreas de crianza, por ejemplo, mediante la restricción o prohibición de las capturas en aguas interiores de la XIª Región, y también acuerdos internacionales de explotación de este recurso compartido.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) para la realización de este estudio. Nuestro reconocimiento al Sr. Peter Davy, de la Stevedore Fisheries Services, por las muestras de las islas Malvinas, y al Sr. Renzo Riffo por su colaboración en el procesamiento de las muestras y ejecución de las figuras.

## LITERATURA CITADA

- AGUAYO, H.M., C.I. PAYÁ, E.C. VERA, C.V. OJEDA, M.I. CÉSPEDES & J.P. DONOSO. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Estado de situación y perspectivas del recurso. Pesquerías demersales "peces" zona sur austral. Santiago, Chile; SGI/IFOP 91/6: 83 pp.
- BAHAMONDE, N. 1953. Alimentación de la merluza de los canales (*Merluccius australis* (Hutton, 1872)). Investigaciones Zoológicas Chilenas, 2(2): 23-30.
- CERNY, B.A. & H.F. KAISER. 1977. A study of a measure of sampling adequacy for factor analytic correlation matrices. *Multivariate Behavioral Research*, 12: 43-47.
- CUADRAS, C.M. 1981. Métodos de análisis multivariante. Editorial Universitaria de Barcelona, Barcelona. 642 pp.
- ESCH G. & J. FERNÁNDEZ. 1993. Functional biology of parasitism. Chapman and Hall, New York. 337 pp.
- FERNÁNDEZ, J. 1985. Estudio parasitológico de *Merluccius australis* (Hutton, 1872) (Pisces: Merlucciidae): aspectos sistemáticos, estadísticos y zoogeográficos. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* (Chile), 56: 31-41.
- FERNÁNDEZ, J. & E. DURÁN. 1985. *Aporocotyle australis* n. sp. (Digenea: Sanguinicolidae), parásito de *Merluccius australis* (Hutton 1872) en Chile y su relación con la filogenia de *Aporocotyle* Odhner, 1900 en *Merluccius* spp. *Revista Chilena de Historia Natural*, 58: 121-126.
- GAUCH, H.G. Jr. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 298 pp.
- GEORGE-NASCIMENTO, M. & H. ARANCIBIA. 1992. Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65: 453-470.
- HILL, M.O. 1979. DECORANA: A Fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, New York.
- HO, J-S. 1991. Two species of Chondracanthid copepods (Poecilostomatoida) parasitic on commercial fishes in the Pacific. *Publications Seto Marine Biology Laboratory*, 35: 1-10.
- JAMES, F.C. & C.E. McCULLOCH. 1990. Multivariate analysis in Ecology and Systematics: Panacea or Pandora's box? *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 21: 129-166.
- LESTER, R.J.G. 1990. Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41: 855-864.
- LESTER, R.J.G., K.B. SEWELL, A. BARNES & K. EVANS. 1988. Stock discrimination of the orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*, by parasite analysis. *Marine Biology*, 99: 137-143.
- LUDWIG, J.A. & J.F. REYNOLDS. 1988. *Statistical Ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, New York. 337 pp.
- MACKENZIE, K. 1983. Parasites as biological tags in fish population studies. *Advances in Applied Biology*, 7: 251-331.
- MACKENZIE, K. 1987. Parasites as indicators of host populations. *International Journal for Parasitology*, 17: 345-352.
- MACKENZIE, K. 1990. Cestode parasites as biological tags for mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the Northeast Atlantic. *Journal du Conseil international pour l'exploration de la Mer*, 46: 155-166.
- MARGOLIS, L.; G.W. ESCH, J.C. HOLMES, A.M. KURIS & G.A. SCHAD. 1982. The use of ecological terms in parasitology. *Journal of Parasitology*, 68: 131-133.
- MOSER, M. & J. HSIEH. 1992. Biological tags for stock separation in Pacific herring *Clupea harengus pallasii* in California. *Journal of Parasitology*, 78: 54-60.
- OJEDA, F.P. 1981. Estructura comunitaria de peces demersales en el extremo austral de Chile: explicación ecológica de patrones latitudinales, batimétricos y de simpatria. *Tesis Licenciatura en Biología*, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, 91 pp.
- OJEDA, V. & M. AGUAYO. 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*) (Gadiformes-Merlucciidae). *Invest. Pesq. (Chile)*, 33: 61-76.
- PAYÁ, I. 1992. The diet of patagonian hake *Merluccius australis polylepsis* and its daily ration of patagonian grenadier *Macrouronus magellanicus*. *South African Journal of Marine Science*, 12: 753-760.
- PRITCHARD, M.A. & G.O.W. KRUSE. 1982. The collection and preservation of animal parasites. University of Nebraska Press, Nebraska, 141 pp.
- RIFFO, R. & M. GEORGE-NASCIMENTO. 1992. Variaciones de la abundancia de larvas de *Anisakis* sp. e *Hysterothylacium* sp. (Nematoda: Anisakidae) en la merluza de cola *Macrouronus magellanicus* Lönnberg 1862: La importancia del sexo, tamaño corporal y dieta del hospedador. *Estudios Oceanológicos*, 11: 79-84.
- SANKURATHRI, C.S., Z. KABATA & D.J. WHITAKER. 1983. Parasites of the Pacific Hake, *Merluccius productus* (Ayres, 1855) in the Strait of Georgia, in 1974-1975. *Syesis*, 16: 5-22.
- SAS. 1985. SAS Institute Inc. SAS User's guide: Statistics, Version 5. Cary, North Carolina, 956 pp.
- SCOTT, J.S. 1987. Helminth parasites of the alimentary tract of the hakes (*Merluccius*, *Urophycis*, *Phycis*: Teleostei) of the Scotian shelf. *Canadian Journal of Zoology*, 65: 304-311.
- SIEGEL, S. & N.J. CASTELLAN JR. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw-Hill Book Co., New York, 399 pp.
- SMITH, P.J. & A. JAMIESON. 1986. Stock discreteness in herrings: a conceptual revolution. *Fisheries Research*, 4: 223-234.
- SPANAKIS, E., N. TSIMENIDES & E. ZOUROS. 1989. Genetic differences between populations of sardine, *Sardina pilchardus*, and anchovy, *Engraulis encrasicolus*, in the Aegean and Ionian seas. *Journal of Fish Biology*, 35: 417-437.
- THOMPSON, A.B. & L. MARGOLIS. 1987. Determination of population discreteness in two species of shrimp, *Pandalus jordani* and *Pandalopsis dispar*, from coastal British Columbia using parasite tags and other population characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44: 982-989.
- TYLER, A.V. 1988. Biological bases management of groundfish resources of the West Coast of Canada. In: *Fishery Science and Management*. 216-234. W. S. Wooster (ed.) Springer-Verlag, Berlin.
- WILLIAMS, H.H., K. MACFENZIE & A.M. MCCARTHY. 1992. Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2: 144-176.
- WINANS, G.A. 1987. Multivariate morphometric variability in Pacific salmon: technical demonstration. *Canadian*



- Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 41: 1150-1159.
- WOOD, C.C., D.T. RUTHERFORD & S. MCKINNELL. 1989. Identification of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) stocks in mixed-stock fisheries in British Columbia and southeast Alaska using biological markers. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46: 2108-2120.
- YAMAGUTI, S. 1958. Systema Helminthum I. The digenetic trematodes of vertebrates. Interscience Publishers, London, 979 pp.
- YAMAGUTI, S. 1959. Systema Helminthum II. The cestodes of vertebrates. Interscience Publishers, London, 860 pp.
- YAMAGUTI, S. 1961. Systema Helminthum III. The nematodes of vertebrates. Interscience Publishers, London, 679 pp.
- YAMAGUTI, S. 1963a. Systema Helminthum V. Acanthocephala. Interscience Publishers, London, 423 pp.
- YAMAGUTI, S. 1963b. Parasitic copepoda and branchiuran of fishes. Interscience Publishers, London, 1104 pp.
- YAMAGUTI, S. 1971. Synopsis of the digenetic trematodes of vertebrates. Keigaku Publishers, Tokio, 1074 pp.



# EFECTO DEL TAMAÑO DE MALLA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DEL MEJILLON (*MYTILUS PLATENSIS* D'ORB.) EN CULTIVOS CON ENCORDADOS FRANCESES

## EFFECT OF MESH SIZE ON GROWTH AND SURVIVAL OF CULTURED MUSSELS (*MYTILUS PLATENSIS* D'ORB.) IN FRENCH NETTINGS

Héctor E. Zaixso<sup>1</sup> y Zulma I. Lizarralde<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se ha estudiado el efecto del tamaño de la abertura de malla del tubo de red externo sobre el crecimiento y la supervivencia de individuos del mejillón (*Mytilus platensis* d'Orb.) cultivados en encordados franceses. El estudio fue llevado a cabo en el golfo Nuevo (42° 46' S, 65° 02' W), Chubut, Argentina. Se utilizaron dos grupos de talla: cría (largo medio  $\bar{x}$  = 24,0 mm) y engorde ( $\bar{x}$  = 45,9 mm) y tres tamaños de abertura de malla para el tubo de red externo de los encordados (44,1 mm, 54,7 mm y 79,0 mm). Los resultados indican que en los encordados de cría las diferentes aberturas de malla utilizadas no afectan en forma diferencial al crecimiento de los individuos. En los encordados de cría las proporciones de individuos de bajo crecimiento y de animales retenidos son semejantes para todas las aberturas de malla utilizadas. En el encordado de engorde correspondiente a la malla de abertura más pequeña en cambio, el largo final medio, ajustado por la covariable largo inicial, es significativamente inferior al obtenido en los encordados de abertura de malla media y mayor, los cuales no difieren a este respecto entre sí. Este resultado es probable que se encuentre relacionado tanto con la mayor proporción de desprendimientos de animales en los encordados con redes de mayor tamaño, como con la mayor proporción de individuos con crecimiento bajo o nulo que se hallan en los encordados de engorde con menor abertura de malla. La proporción de individuos de bajo crecimiento se halla a su vez asociada con la retención de individuos dentro de los tubos de red de menor abertura. En las cuerdas de engorde la proporción de pérdidas aumenta linealmente con el aumento de la abertura de malla; en cambio, en las cuerdas de cría la proporción de pérdidas es semejante en todos los encordados.

*Palabras claves:* Mitilicultura, método francés, tamaño de malla, crecimiento, supervivencia, Patagonia.

### ABSTRACT

Studies were performed on mussels (*Mytilus platensis* d'Orb.) cultured using the french netting technique at the Nuevo Gulf (42° 46' S, 65° 02' W), Chubut, Argentina. The effect of the mesh size of the external net tube on growth and survival of the individuals was studied. Two size groups (seed group: average length = 24.0 mm; half-grown group: average length = 45.9 mm) and three mesh sizes (44.1 mm; 54.7 mm and 79.0 mm) were used. Results referred to the seed group show that growth and survival are not affected by mesh size. The proportion of mussels with low length increment and the proportion of individuals retained by the net in the seed group are similar for all mesh sizes. For the half-grown group, the final average length using the smaller mesh size is significantly lower than in the other mesh sizes; significant differences there are no between the other two mesh sizes. The proportion of mussels with low growth in length and the number of individuals retained inside the net are higher when the smaller mesh size is used whereas the number of lost mussels increase with increasing mesh size.

*Key words:* Mussel culture, french culture technique, netting mesh size, growth, survival, Patagonia.

Fecha de recepción: 4 - 3 - 94. Fecha de aceptación: 7 - 10 - 94.

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.  
<sup>2</sup> Universidad Nacional de la Patagonia S. J. Bosco. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Biología, Ciudad Universitaria Km 4, (9000) Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.

## INTRODUCCION

En el cultivo comercial suspendido de mejillones se utilizan diversos métodos para el armado de los encordados sobre los que se desarrollan los animales cultivados. De estas técnicas una de las más utilizadas es el encordado tipo francés o sus variantes. El mismo es utilizado corrientemente en Francia (Dardignac-Corbeil, 1975; Korringa, 1976; Lucas, 1976; Bregeon, 1977; Hurlburt & Hurlburt, 1980), Italia (Korringa, 1976; Ross, 1982), Yugoslavia (Korringa, 1976), Chile (González, 1973) y Canadá (Myrand & Bastien, 1985), entre otros países.

Si bien se han desarrollado diferentes variantes de la misma, la técnica consiste esencialmente en disponer a los pequeños mejillones a cultivar en tubos de red, armados a partir de redes de desecho o bien fabricados especialmente para tal objeto. Los mismos son suspendidos de diferentes tipos de artefactos o sistemas flotantes. A medida que crecen, los animales salen a través de las aberturas de la malla que los recubre, permaneciendo los mejillones unidos entre sí por medio de sus filamentos bisales. La red externa termina finalmente por quedar en la parte central del encordado, sirviendo como soporte para la fijación de los animales.

No hemos encontrado antecedentes en la literatura acerca de la influencia del tamaño de malla de la red externa sobre los parámetros que intervienen en la producción del mejillón de cultivo. El objeto del presente trabajo es el de comprobar dicho efecto sobre el crecimiento y la pérdida de individuos del mejillón (*Mytilus platensis* d'Orb.).

## MATERIAL Y METODOS

Los mejillones utilizados fueron extraídos en julio de 1986 de bancos naturales del horizonte infralitoral superior del golfo San José (prov. del Chubut, Argentina). Los mismos fueron trasladados a los laboratorios del Centro Nacional Patagónico en Puerto Madryn, donde se los acondicionó en acuarios de 300 litros de capacidad con aireación y recambio de agua constante, mientras se completaban las tareas previas al encordado, las cuales son detalladas a continuación.

Los individuos fueron separados en dos grupos según su largo (distancia entre el umbo y el borde posterior): un grupo de cría, con animales de 10 a 30 mm (largo promedio: 24,01 mm) y un grupo de engorde, con animales de 40 a 60 mm (largo promedio: 45,85 mm). La razón de dicha denominación es que sus tallas medias corresponden a las que usualmente tienen los animales que se utilizan como semilla para cuerdas de cría y como animales de desdoble para cuerdas de engorde. Se entiende por cuerdas de cría a las que corresponden a la primera fase de un cultivo comercial. Sobre ellas los individuos pequeños son encordados a una densidad relativamente alta y crecen hasta el desdoble. En ese momento, los individuos de una cuerda de cría son repartidos en dos o más cuerdas de engorde sobre las que se desarrollan hasta el momento de su cosecha.

Los mejillones del grupo de cría se distribuyeron en seis conjuntos de 767 individuos cada uno, de forma tal que sus diferentes clases de talla quedarán igualmente representadas en cada conjunto. Se realizó la misma operación sobre los mejillones del grupo de engorde, formando seis conjuntos de 307 ejemplares. Cada conjunto sirvió para armar un encordado de 50 cm de largo.

Para el encordado se introdujeron las semillas o los animales de desdoble, según el caso, dentro de un tubo confeccionado con malla de algodón, de 3,5 mm de separación promedio entre hilos. Este tubo se recubrió externamente con una red de nylon, la cual también se cerró en forma de tubo.

La red interna de algodón tiene por objeto sujetar a los individuos mientras éstos se fijan entre sí; al cabo de unos días la malla interna se desintegra y los animales pueden salir a través de la malla externa, la cual a medida que los animales crecen queda en la parte central del encordado.

Se utilizaron tres tamaños crecientes de malla de red externa tanto para los grupos de cría como para los de engorde, armándose dos encordados para cada combinación para prevenir eventuales pérdidas, es decir, un total de doce encordados. Las características de las redes externas se indican en la Tabla 1.

Cada encordado fue suspendido de una sogá boyada por debajo de la superficie del agua y anclada al fondo, de un largo suficiente

Tabla 1: Abertura de malla (cm) y diámetro del hilo (mm) de las redes externas utilizadas (n = 20 en todos los casos).

Mesh size (cm) and diameter of the thread (mm) of the external net tubes used (n = 20 in all cases).

Red externa	Malla 1	Malla 2	Malla 3
Abertura de malla estirada	x = 4,41 s <sup>2</sup> = 0,16	x = 5,47 s <sup>2</sup> = 0,14	x = 7,90 s <sup>2</sup> = 0,22
Diámetro del hilo	x = 1,15 s <sup>2</sup> = 0,13	x = 1,67 s <sup>2</sup> = 0,18	x = 1,95 s <sup>2</sup> = 0,09

para que los animales se mantuvieran a unos tres metros de la superficie en marea baja (amplitud media de sicigias = 4,7 m), y a unos tres metros del fondo.

Las sogas con los encordados fueron colocadas en julio de 1986 en el golfo Nuevo (prov. del Chubut), donde permanecieron hasta su extracción en noviembre de ese mismo año, luego de 111 días.

En el momento de la extracción se contabilizó para cada encordado, el número de individuos remanentes retenidos en el interior de los tubos de red, el número de animales remanentes no retenidos dentro de la red y el número de animales muertos sobre la cuerda. El número de animales desprendidos y caídos al fondo se obtuvo por diferencia entre los números iniciales y el número de individuos remanentes sobre las cuerdas.

Las pérdidas totales están constituidas por la suma de los animales desprendidos y de los encontrados muertos sobre las cuerdas.

El largo inicial (Li) de los animales fue obtenido de las marcas presentes en la conchilla de los mismos, dado que a partir de pruebas preliminares había sido observado que el tiempo de estadía en acuarios y/o el procedimiento de encordado inducen la formación de una línea de crecimiento (Li) en las valvas de todos los animales; esta circunstancia fue verificada mediante un control llevado a cabo con animales marcados.

En cada encordado se tomó una muestra al azar de 100 animales sobre los cuales se midieron el Li y el largo final (Lf).

Para cada grupo, de cría y de engorde, se analizó el crecimiento de los individuos de acuerdo al tamaño de malla mediante el análisis de la covarianza de las tallas finales en función de las tallas iniciales. Dichos análisis

fueron llevados a cabo previa comprobación de la homogeneidad de las varianzas mediante pruebas de log-anova (Sokal & Rohlf, 1981).

La proporción de individuos vivos que al término de la experiencia presentaron un crecimiento bajo o nulo ( $L_f = L_i \pm 1$  mm) fue analizada por grupo y por abertura de malla de red externa, mediante una extensión de la prueba exacta de Fisher-Irwin a tablas de 2 x 3 (Maxwell, 1966) y llevando a cabo la partición del valor de  $\chi^2$  general mediante la comprobación de desviaciones en tablas de contingencia con categorías cuantitativamente ordenadas. En las tablas de contingencia donde las categorías presentan un ordenamiento intrínseco, puede suponerse que existe una variable continua sobre la que se basan, pudiéndose entonces aplicar la teoría de regresión lineal. Diferentes métodos de análisis han sido propuestos para este tipo de tablas (Bartholomew, 1959 a, 1959 b; Fleiss, 1981; Maxwell, 1966; Snedecor & Cochran, 1967), dependiendo de si el ordenamiento es cuali o cuantitativo y de cómo se presume que las proporciones varían con x; en nuestro caso se consideró el caso lineal que es el más simple y que fuera tratado en detalle en Snedecor & Cochran (1967) y Fleiss (1981).

Como para cada combinación de grupo de talla y de abertura de malla se contaba con dos encordados, para los análisis anteriores se consideraron en forma conjunta las mediciones de cada par de encordados correspondientes (200 individuos).

El análisis de las proporciones de los individuos desprendidos, de los individuos retenidos por las redes y de las pérdidas totales (desprendimientos e individuos muertos), discriminadas por grupo y tamaño de red externa, también fue realizado mediante la comprobación de desviaciones en tablas de contingencia. Estos análisis se llevaron a cabo sobre el total de individuos correspondientes a cada combinación de grupo y abertura de malla.

## RESULTADOS

### Pérdida de individuos

La pérdida de animales fue considerada bajo dos aspectos: los animales desprendidos de los encordados y las pérdidas totales.

### a. Pérdidas en los encordados de cría

En los encordados de cría no se encontró asociación significativa entre la proporción de individuos desprendidos y la abertura de malla de la red externa (Tabla 2). En este caso como el valor de  $\chi^2$  obtenido tampoco es significativo con un grado de libertad, no resultó necesaria la partición del valor general de  $\chi^2$ .

Tampoco se encontró asociación entre las pérdidas totales y el tamaño de abertura de malla; la tabla de contingencia analizada fue obtenida de la Tabla 2, sumando los remanentes muertos a los desprendidos ( $\chi^2 = 3,4$ ; g.l. = 2;  $p = 0,18$ ).

Tabla 2. Pérdidas en encordados de cría. Individuos remanentes vivos (remanentes muertos entre paréntesis) y desprendidos, según diferentes aberturas de malla. i: desprendidos y remanentes (vivos + muertos); ii: pérdidas totales (desprendidos + remanentes muertos); gl: grados de libertad; p: probabilidad.

Losses in the seed group. Alive attached individuals (dead attached in parenthesis) and detached, according to mesh types. i: detached and attached (dead + alive); ii: total losses (detached + dead attached); gl: degrees of freedom; p: probability.

	Desprendidos	Remanentes	
Malla 1	300	1204 (30)	
Malla 2	331	1183 (20)	
Malla 3	291	1225 (18)	

i:  $\chi^2 = 3,58$ ; gl= 2;  $p = 0,167$

ii:  $\chi^2 = 3,41$ ; gl= 2;  $p = 0,182$

### b. Pérdidas en los encordados de engorde

En los encordados de engorde sendas pruebas generales de  $\chi^2$  dieron por resultado asociaciones altamente significativas entre el tamaño de malla con los desprendimientos y con las pérdidas totales. En consecuencia, se llevó a cabo la partición de dichos valores mediante la comprobación de desvíos en las tablas de contingencia correspondientes (Tabla 3). En el caso de las pérdidas totales la tabla general se obtuvo sumando los animales remanentes muertos a los desprendidos.

Del análisis anterior resulta que en los encordados de engorde, la proporción de individuos desprendidos se incrementa con el aumento del tamaño de abertura de malla de las

Tabla 3. Pérdidas en encordados de engorde. i, Número de individuos remanentes vivos (remanentes muertos entre paréntesis) y desprendidos. ii, Comprobación de desvíos correspondiente a animales desprendidos (remanentes vivos + muertos). iii, Comprobación de desvíos correspondiente a pérdidas totales (desprendidos + remanentes muertos).

Losses in the half-grown group. Alive attached individuals (dead attached in parenthesis) and detached, according to mesh types. i: detached and attached (dead + alive); ii: Check of deviations from linearity in detached animals (total losses (detached + attached dead)); gl: degrees of freedom; p: probability.

#### i. Individuos desprendidos.

	Desprendidos	Remanentes
Malla 1	55	519 (40)
Malla 2	91	487 (36)
Malla 3	109	478 (27)

#### ii. Desprendimientos: Comprobación de desvíos.

Fuente de variación	$\chi^2$	gl	Probabilidad
Debido a regresión lineal	17,32	1	< 0,001
Desvíos regresión lineal	3,33	1	0,068
Valor general	20,65	2	< 0,001

#### iii. Pérdidas totales: Comprobación de desvíos.

Fuente de variación	$\chi^2$	gl	Probabilidad
Debido a regresión lineal	7,07	1	0,008
Desvíos regresión lineal	2,59	1	0,107
Valor general	9,66	2	0,008

redes externas. En este caso la asociación es de tipo lineal ya que los desvíos de la misma no son significativos (Tabla 3, ii). La regresión de la proporción de individuos desprendidos ( $p_d$ ) en función de la abertura de malla (A), medida en cm, corresponde a:

$$p_d = 0,0026 + 0,023 \cdot A$$

La ecuación anterior implica un incremento de 2,3% en  $p_d$  por centímetro de aumento en la malla.

Por su parte, las pérdidas totales manifiestan un comportamiento semejante a los desprendimientos, la asociación con el tipo de red utilizada es de tipo lineal y las pérdidas aumentan con el tamaño de malla (Tabla 3, iii). La línea ajustada corresponde a:

$$p_p = 0,0939 + 0,017 \cdot A$$

De acuerdo a la ecuación anterior, la proporción de pérdidas ( $p_p$ ) se incrementa en 1,7% por centímetro de aumento en la malla.

El análisis de las pérdidas totales en las cuerdas de engorde indica que el número de animales muertos compensa en parte al número de individuos desprendidos, ya que las significaciones general y debida a la regresión disminuyen sensiblemente respecto del análisis de desvíos referido a desprendimientos.

## Crecimiento en largo

### a. Crecimiento en los encordados de cría

Para los encordados de cría no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las Lf medias, ajustadas en función de las Li, obtenidas con diferentes aberturas de malla de la red externa. En la Tabla 4 se consignan los resultados del análisis de la covarianza.

Tabla 4. Crecimiento en cuerdas de cría. Análisis de la covarianza de los largos finales (Lf) en función de sus largos iniciales (Li) para diferentes tamaños de abertura de la malla externa. gl: grados de libertad; NS: no significativo ( $p > 0,05$ ).

Growth in the seed group. Analysis of covariance of final length (Lf) with the initial length (Li) as the covariable, according to type of external mesh size. gl: degrees of freedom; NS: non significant ( $p > 0,05$ ).

#### i. Medias y medias ajustadas.

Redes	Li	Lf	Lf <sub>ajust</sub>	S <sub>Lfajust</sub>
Malla 1	23,88	35,85	35,96	0,35
Malla 2	23,85	36,39	36,52	0,35
Malla 3	24,30	36,84	36,59	0,35
Total	24,01	36,36		

#### iii. Diferencias entre pendientes.

Fuente variación	gl	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F
Entre pendientes	2	45,89	22,95	0,93 NS
Error	594	14670,38	24,70	

Pendiente común = 0,858

#### iii. Diferencias entre medias ajustadas.

Fuente variación	gl	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F
Medias ajustadas	2	47,91	23,96	0,97NS
Error	596	14716,28	24,69	

### b. Crecimiento en los encordados de engorde

En los encordados de engorde se pudo demostrar la existencia de diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre las Lf medias ajustadas de los mejillones encordados con diferentes mallas externas; las pendientes resultaron no ser estadísticamente diferentes (Tabla 5).

Tabla 5. Crecimiento en cuerdas de engorde. Análisis de la covarianza de los largos finales (Lf) en función de los largos iniciales (Li) para diferentes tamaños de abertura de la malla externa. gl: grados de libertad; \*\*: ( $p < 0,001$ ); NS: no significativo ( $p > 0,05$ ).

Growth in the half-grown group. Analysis of the covariance of final length (Lf) with the initial length (Li) as the covariable, according to type of external mesh size. gl: degrees of freedom; \*\*: ( $p < 0,001$ ); NS: non significant ( $p > 0,05$ ).

#### i. Medias y medias ajustadas.

Redes	Li	Lf	Lf <sub>ajust</sub>	S <sub>Lfajust</sub>
Malla 1	45,68	52,43	52,57	0,30
Malla 2	45,62	54,42	54,62	0,30
Malla 3	46,26	55,41	55,07	0,30
Total	45,85	54,09		

#### ii. Diferencias entre pendientes.

Fuente variación	gl	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F
Entre pendientes	2	8,15	14,08	0,76NS
Error	594	1002,78	18,52	

Pendiente común = 0,820

#### iii. Diferencias entre medias ajustadas.

Fuente variación	gl	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F
Medias ajustadas	2	710,09	355,04	19,183 **
Error	596	11030,93	8,51	

Una prueba de comparación múltiple de pares de medias según el método GT-2 (Sokal & Rohlf, 1981) dio por resultado que el Lf medio ajustado correspondiente a la malla de abertura más pequeña (malla 1) es significativamente inferior ( $p < 0,01$ ) que el obtenido en los encordados de abertura de malla media y mayor (mallas 2 y 3), cuyos Lf medios ajustados no difieren entre sí.

## Individuos de crecimiento bajo o nulo

### a. Encordados de cría

En los encordados de cría no se encontró asociación ( $p = 0,93$ ) entre la proporción de individuos vivos con crecimiento bajo o nulo y el tamaño de abertura de malla utilizado en el tubo externo de red (Tabla 6).

Tabla 6. Individuos de crecimiento bajo o nulo en encordados de cría ( $L_f = L_i \pm 1$  mm), según el tamaño de abertura de malla.

Number of mussels in the seed group that did not grow ( $L_f = L_i \pm 1$  mm), according to mesh size types.

	Sin crecimiento	Con crecimiento
Malla 1	3	197
Malla 2	5	195
Malla 3	4	196

Prueba exacta de Fisher-Irwin,  $p = 0,934$

### b. Encordados de engorde

En los encordados de engorde fue encontrada, mediante una prueba de  $\chi^2$  general, una asociación altamente significativa ( $p < 0,001$ ) entre la proporción de ejemplares vivos que mostraron un crecimiento bajo o nulo y el tipo de red externa utilizada. Como las aberturas de malla se hallaban ordenadas en forma creciente se pudo llevar a cabo una partición del valor general de  $\chi^2$  mediante la comprobación de desviaciones en la tabla de contingencia correspondiente (Tabla 7).

Tabla 7. Individuos de crecimiento bajo o nulo en encordados de engorde ( $L_f = L_i \pm 1$  mm). i, Según el tamaño de abertura de malla. ii, Comprobación de desvíos.

i. Number of mussels in the half-grown group that did not grow ( $L_f = L_i \pm 1$  mm), according to mesh size types. ii, Test of deviations from linearity.

#### i. Individuos con crecimiento bajo o nulo y tipo de malla

	Sin crecimiento	Con crecimiento
Malla 1	36	164
Malla 2	5	195
Malla 3	2	198

#### ii. Comprobación de desvíos

Fuente de variación	$\chi^2$	gl	Probabilidad
Debido a regresión lineal	32,89	1	< 0,001
Desvíos regresión lineal	20,37	1	< 0,001
Valor general	53,26	2	< 0,001

En este caso tanto el componente debido a la regresión lineal como los desvíos son altamente significativos. Se puede señalar, por lo tanto, que en las cuerdas de engorde la proporción de individuos con crecimiento bajo o nulo disminuye en forma monótona con el aumento del tamaño de la malla utilizada.

## Retención de individuos

### a. Retención en encordados de cría

En los encordados de cría no se encontró asociación significativa entre la abertura de malla de la red externa y la proporción de individuos retenidos muertos y vivos tomados en conjunto (Tabla 8). Como el valor de  $\chi^2$  obtenido ( $\chi^2 = 0,369$ ; g.l = 2) tampoco resulta significativo con un grado de libertad, no se procedió en consecuencia a la comprobación de desvíos sobre dicha tabla.

Tabla 8. Retención de individuos en encordados de cría. Número de individuos vivos retenidos en el interior del tubo de red e individuos vivos no retenidos. Entre paréntesis se indican los individuos encontrados muertos en cada situación. La prueba de  $\chi^2$  consideró animales vivos y muertos.

Number of mussels of the seed group that were retained and not retained in the mesh. Mussels found dead are indicated in parenthesis for each situation. Chi-square test considered both, mussels dead and alive.

	Retenidos	No retenidos
Malla 1	15 (26)	1189 (4)
Malla 2	22 (20)	1161 (0)
Malla 3	20 (18)	1205 (0)

$\chi^2 = 0,37$ ; g.l = 2;  $p = 0,831$

Se encontró en cambio en los encordados de cría, mediante una prueba de Fisher-Irwin, una asociación altamente significativa entre el número de individuos con crecimiento bajo o nulo y la retención por redes; este análisis se llevó a cabo sobre las muestras tomadas de los encordados (Tabla 9).

### b. Retención en encordados de engorde

En una prueba general de  $\chi^2$  se encontró una asociación significativa entre el tamaño de malla de los encordados de engorde y la proporción de individuos retenidos (muertos y vivos).



Tabla 9. Asociación entre individuos retenidos e individuos con crecimiento bajo o nulo en encordados de cría.

Number of mussels in the seed group categorized according to the presence of growth and according to if they were retained in the mesh.

	Retenidos	No retenidos
Sin crecimiento	6	6
Con crecimiento	2	586

Prueba exacta de Fisher-Irwin,  $p < 0,001$

La comprobación de desvíos (Tabla 10, ii) dio por resultado que la proporción de individuos retenidos ( $p_r$ ) en las cuerdas de engorde disminuye monótonamente con el aumento del tamaño de abertura de malla. En este caso dado que el componente lineal es mucho mayor que el componente relacionado con los desvíos, la relación puede ser adecuadamente descrita por una línea recta. La línea recta ajustada corresponde a:

$$p_r = 0,4277 - 0,044 \cdot A$$

La ecuación anterior implica una disminución de 4,4 % en  $p_r$  por centímetro de aumento en la malla.

Tabla 10. Retención de individuos en encordados de engorde. i, Número de individuos vivos retenidos en el interior del tubo de red e individuos no vivos retenidos. Entre paréntesis se indican los individuos encontrados muertos en cada situación. ii, Comprobación de desvíos. El análisis consideró a animales vivos y muertos.

Number of mussels of the half-grown group that were retained and not retained in the mesh. Mussels found dead are indicated in parenthesis for each situation. Chi-square test considered both, mussels dead and alive. ii, Test of deviations from linearity.

i. Individuos retenidos.

	Retenidos	No retenidos
Malla 1	111 (37)	408 (3)
Malla 2	47 (28)	440 (8)
Malla 3	30 (19)	448 (8)

ii. Comprobación de desvíos.

Fuente de variación	$\chi^2$	gl	Probabilidad
Debido a regresión lineal	45,07	1	< 0,001
Desvíos regresión lineal	11,79	1	< 0,001
Valor general	56,86	2	< 0,001

Tabla 11. Asociación entre individuos retenidos e individuos con crecimiento bajo o nulo en encordados de engorde.

Number of mussels in the half-grown group categorized according to the presence of growth and according to if they were retained in the mesh.

	Retenidos	No retenidos
Sin crecimiento	30	13
Con crecimiento	45	512

$\chi^2 = 133,30$ ; gl = 1;  $p < 0,001$ .

Se encontró asimismo que la proporción de individuos con crecimiento bajo o nulo era significativamente mayor entre los individuos retenidos por las redes externas (Tabla 11).

## DISCUSION

A partir de los resultados expuestos se concluye que en los encordados de cría la abertura de malla de las redes externas, dentro del rango de aberturas de mallas utilizado, no tiene influencia sobre la pérdida de animales (desprendimientos y pérdidas totales) ni sobre su crecimiento (Tablas 2 y 4). La proporción de animales de bajo crecimiento (Tabla 6) y la de individuos retenidos no están relacionadas con el tipo de malla, pero se hallan asociadas significativamente entre sí (Tablas 8 y 9).

En los encordados de engorde, la pérdida de individuos (desprendimientos y pérdidas totales) aumenta linealmente con el tamaño de malla utilizada en el encordado (Tabla 3). El crecimiento es significativamente menor en los encordados de malla pequeña con respecto al obtenido en los encordados con mallas medianas o grandes, los cuales no presentan diferencias significativas entre ellos (Tabla 5). Tanto la proporción de animales de bajo crecimiento (Tabla 7) como la de individuos retenidos aumentan con la disminución del tamaño de la red y a la vez se hallan asociadas en forma significativa entre ellas (Tablas 10 y 11).

Los resultados obtenidos indican que en los encordados de cría, la malla de menor abertura utilizada no alcanza a constituir un limitante al crecimiento de los individuos ni tampoco al desprendimiento de los encordados; en consecuencia sería posible llevar a cabo una reducción ulterior del tamaño de red con el

objeto de disminuir las pérdidas de semilla.

La ausencia de diferencias entre las proporciones de desprendimientos con diferentes aberturas de malla indicaría que las redes utilizadas se comportan con la misma permeabilidad ante los desplazamientos de la semilla; esta circunstancia se vería confirmada por la ausencia de diferencias entre las proporciones de individuos retenidos dentro de la red.

La mayor movilidad relativa de los individuos de menor talla de los mitilidos respecto de los de tamaño mayor fue indicada por diferentes autores (Senawong, 1970; Zaixso *et al.*, 1978; Bruzone, 1982); esta mayor movilidad explicaría la mayor proporción de desprendimientos en las cuerdas de cría con respecto de las cuerdas de engorde y la ausencia de diferencias entre aberturas de malla, ya que la mayor parte del tiempo los ejemplares juveniles se estarían desprendiendo de sus lugares de fijación para trasladarse y fijarse en otros vecinos. Los cambios de ubicación de los mejillones sobre cuerdas de cultivo fueron estudiados por Andreu (1960, 1976), quien señala que los mismos se deben a la migración de individuos en las sogas de cultivo y responden a la búsqueda de las condiciones luminosas a las cuales los animales estaban habituados antes de las operaciones del cultivo que produjeron cambios en la ubicación de los animales (encordado y desdoble).

Respecto de las redes utilizadas en otros países para encordados de semilla la información es variada. En Italia el tubo de red externa para semilla tiene una abertura de malla estirada de 7 cm (Korringa, 1976), con lo que resulta equivalente a las redes de mayor abertura usadas por nosotros. En Canadá, en cambio, un tubo de red de 4,7 cm, equivalente al menor tamaño usado en esta prueba, se considera que puede provocar pérdidas importantes de semilla (Myrand & Bastien, 1985). En Yugoslavia la abertura de malla utilizada para semilla es de 6 cm (Korringa, 1976).

En las cuerdas de engorde los resultados obtenidos con respecto al crecimiento es probable que se hallen asociados tanto con la mayor proporción de pérdidas en los encordados de abertura de malla mayor, como con la mayor proporción de individuos con un crecimiento bajo o nulo encontrada en los encordados de malla más pequeña; este último criterio se en-

cuentra a su vez asociado a una mayor proporción de individuos retenidos en el interior de este tipo de redes.

El efecto positivo que tiene la pérdida de individuos de los encordados sobre el crecimiento de los mejillones fue mencionado por Zaixso *et al.*, (1976) en las experiencias de cultivo llevadas a cabo en Puerto Deseado; a mayor número de individuos perdidos, la densidad y la competencia por el alimento disminuyen en las cuerdas permitiendo un mejor crecimiento de los individuos remanentes; el aumento del crecimiento por raleo de ejemplares constituye el fundamento, en el cultivo de mejillones en Galicia, de la práctica del desdoble llevada a cabo sobre las cuerdas de cría (Figueras, 1979).

Por otra parte, el apiñamiento de animales dentro de los tubos de red y la dificultad para pasar a través de los mismos al exterior, pueden conducir a una reducción o anulación del crecimiento a través de lesiones más o menos temporales del borde de los lóbulos del manto.

En los encordados de engorde, el aumento de los desprendimientos de mejillones con el aumento de la abertura de malla es posible que se encuentre relacionado tanto con la disminución de la disponibilidad de hilos por unidad de área para la fijación, como con las pérdidas que tienen lugar a través de aberturas de malla crecientes, luego que la red interna se ha deshecho. Respecto de las pérdidas totales, el número de animales encontrados muertos compensa parcialmente al número de individuos desprendidos, dado que la proporción de los primeros aumenta en las redes de menor abertura.

Suponiendo que los encordados de engorde aquí analizados representaran una parte de la etapa de engorde de un cultivo comercial de mejillones (con 614 individuos iniciales por metro de cuerda) y basándonos en las regresiones del peso en función del largo correspondientes al mes de noviembre (datos no publicados), un cálculo aproximado llevado a cabo sobre el peso de mejillones de 500 cuerdas de 9 metros de largo arrojaría, para los 111 días de cultivo aquí considerados, una diferencia de 1,33 Tm de mejillones (equivalente 0,23 Tm de carne) a favor de las redes de mayor abertura (promediadas) respecto de la red de menor abertura de malla. Es probable que en la prác-

tica esta diferencia pueda ser aún mayor dado que dentro de los valores anteriores fueron considerados los animales retenidos, los cuales fueron más abundantes en la red de menor abertura y que de acuerdo a nuestra experiencia en el momento de la cosecha probablemente habrán muerto o crecido en muy escasa medida.

## LITERATURA CITADA

- ANDREU, B. 1960. Ensayo sobre el efecto de la luz en el ritmo de crecimiento del mejillón (*Mytilus edulis*) en la ría de Vigo. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), 58: 217-236.
- ANDREU, B. 1976. El cultivo del mejillón en Europa. II. Aspectos biológicos y ecológicos; enemigos y parásitos. En: Seminarios de Biología Marinha 47: 23-35. J. E. Lunetta y M. Gempel (ed.). Anais de Academia Brasileira de Ciências.
- BARTHOLOMEW, D. J. 1959a. A test of homogeneity for ordered alternatives. Biometrika, 46: 36-48.
- BARTHOLOMEW, D. J. 1959b. A test of homogeneity for ordered alternatives II. Biometrika, 46: 328-335.
- BREGEON, L. 1977. Richesses et productions marines de la Baie du Mont-Saint-Michel. La mytiliculture. Science et Peche, 267, 29 pp.
- BRUZONE, J. H. 1982. Funciones del pie en *Mytilus edulis chilensis* (Hupe). Physis (Buenos Aires), Secc. A. 41 (100): 51-61.
- DARDIGNAC-CORBEIL, M. 1975. La culture des moules sur bouchots. Science et Peche, 244, 10 pp.
- FIGUERAS, A. 1979. Cultivo del mejillón, *Mytilus edulis*, y posibilidades para su expansión. En "Advances in aquaculture", FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japón, 1976; editado por T. V. R. Pillay y Dill, Wm. A.: 361-371.
- FLEISS, J. L. 1981. Statistical methods for rates and proportions. Wiley, 321 pp.
- GONZÁLEZ, L. M. 1973. Comparación entre el sistema español de encordar mitflidos y el sistema francés, actualmente en experimentación. Inst. Fomento Pesq., Chile, Circular 82, 10 pp.
- HURLBURT, C. G. & S. W. HURLBURT, 1980. European mussel culture technology and its adaptability to North American waters. En: Mussel culture and harvest: a

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sr. Miguel A. Díaz la inestimable ayuda prestada en las tareas de campo y en el armado de los encordados, y al Centro Nacional Patagónico (CONICET) por facilitar los laboratorios y el equipamiento necesarios para llevar a cabo la experiencia.

- North American perspective: 69-78. R. A. Lutz (ed.). Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.
- KORRINGA, P. 1976. Farming marine organisms low in the food chain. A multidisciplinary approach to edible seaweed, mussel and clam production. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 264 pp.
- LUCAS, A. 1976. La mytiliculture. En: Oceanographie biologique appliquee. Editada por P. Bougis, Masson Ed.: 245-247.
- MAXWELL, A. E. 1966. Análisis estadístico de datos cualitativos. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, Manuales N° 222/222a, 212 pp.
- MYRAND, B. Y BASTIEN, Y. 1985. L'industrie mytilicole a l'Île du Prince Edouard et en Nouvelle Ecosse. Rapport d'un stage d'observation. Min. Agric. Pecheries et Alim. Quebec, Cahier d'Information (115), 54 pp.
- ROSS, R. 1982. Report on intensive mussel culture in the Adriatic. Aquaculture Technical Bulletin, National Board for Science and Technology, Dublin, 43 pp.
- SENAWONG, CH. 1970. Biological studies of littoral mussel, *Hornomya mutabilis* (Gould). I. Preliminary observations on the moving ability. Publ. Seto Mar. Lab., 18 (4): 233-242.
- SNEDECOR, G. W. & W. G. COCHRAN, 1967. Statistical methods. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 593 pp.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. Freeman and Co., New York, 859 pp.
- ZADSO, H. E., C. T. PASTOR, & J. H. VINUESA, 1976. Observaciones preliminares sobre el crecimiento de *Mytilus edulis chilensis* Hupe en condiciones de cultivo. CIBIMA, Argentina, Cont. Téc. 25, 12 pp.
- ZADSO, H. E., R. ELIAS, & J. H. BRUZONE, 1978. Algunos factores que afectan la formación de filamentos bisales en *Aulacomya ater ater* (Molina). Physis (Buenos Aires), Secc. A, 38 (95): 19-30.



# DETERMINACION DE EDAD Y CRECIMIENTO DE *SERIOLELLA CAERULEA* GUICHENOT, 1848 DE LA ZONA SUR-AUSTRAL DE CHILE

## AGE AND GROWTH DETERMINATION OF *SERIOLELLA CAERULEA* GUICHENOT, 1848 FROM SOUTHERN CHILE

Javier Chong<sup>1</sup> y Mario Aguayo<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se realizó un estudio de edad y crecimiento en *Seriolella caerulea*, sobre la base de la lectura de anillos anuales de crecimiento en los otolitos sagitales de 1.257 ejemplares, muestreados mensualmente durante 1985. El examen de los otolitos demostró con claridad la presencia de anillos hialinos y opacos en forma alternada, con la formación del primero en invierno (julio) y la existencia de una alta correlación entre el incremento de la longitud horquilla (LH) y el radio del otolito (Ro). La determinación de edad se efectuó mediante el retrocálculo a edades pretéritas y en la estimación del crecimiento en longitud se utilizó el modelo de Von Bertalanffy. La mejor estimación de los parámetros de crecimiento en longitud y en peso, tanto para hembras como para machos, se logró por el método no lineal, cuya comparación demostró la existencia de diferencias no significativas entre los sexos, por lo cual el crecimiento en longitud y en peso puede ser expresado por las siguientes funciones, respectivamente:

$$LH_t = 59,80 \text{ cm} [ 1 - e^{-0,25333(1 + 0,14893)t} ]$$

$$PT_t = 4.871,71 \text{ g} [ 1 - e^{-0,2153(1 + 0,39261)t} ]^{2,7413}$$

**Palabras claves:** Edad, crecimiento, "cojinoba del sur", Chile.

### ABSTRACT

A monthly survey of age and growth on 1257 individuals of the species *Seriolella caerulea*, using the otolith annual ring readings was carried out. The otoliths showed a clear alternation of hyaline and opaque rings with the hyaline ring appearing during winter (July). A high correlation was observed between the fork length (FL) increase of the fish and the radius of the otolith. The determination of age was estimated using the retrocalculation method. The Von Bertalanffy's method was applied to calculate growth. The best parameters that fit growth in fork length and total weight, for females and males was obtained through the non linear method. The growth can be expressed by the following functions since no differences were found between sexes:

$$FL = 59,80 \text{ cm} [ 1 - e^{-0,25333(1 + 0,14893)t} ]$$

$$W_t = 4.871,71 \text{ g} [ 1 - e^{-0,2153(1 + 0,39261)t} ]^{2,7413}$$

**Key words:** Age, growth, southern "cojinoba", Chile.

Fecha de recepción: 28 - 4 - 94. Fecha de aceptación: 17 - 12 - 94.

### INTRODUCCION

Fowler (1945) indica para Chile las siguientes especies de la familia Centrolophidae:

*Palinurichthys caeruleus* (Guichenot) y *Mapus peruanus* (Steindachner) y en la familia Nomeidae al género *Seriolella* con las especies *S. violacea* Guichenot y *S. porosa* Guichenot. A la vez en la sinonimia de *P. caeruleus* incluye a *S. caerulea* Guichenot, 1848.

En una revisión del suborden Stromatoidei, Haedrich (1967) señala las siguientes especies nominales del género *Seriolella*: *S. punctata*

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Casilla 297, Concepción, Chile.

<sup>2</sup> Instituto de Fomento Pesquero, Regional Talcahuano, Casilla 347, Talcahuano, Chile.

(Bloch & Schneider 1801) de Australia, Tasmania y Nueva Zelandia; *S. porosa* Guichenot, 1848 de Chile y Perú; *S. brama* (Gunther, 1860) de Australia y N. Zelandia; *S. velaini* Sauvage, 1879 del O. Indico; *S. christophersenii* Sivertsen, 1945 de Tristan de Cuhna, O. Atlántico y *S. noel* Whitley, 1958 de Australia. Agrega que *N. crassus*, Starks, 1906 es un sinónimo de *S. violacea* Guichenot y que *S. porosa* Guichenot a pesar de presentar los mismos rangos merísticos para las aletas (dorsal, anal, pectoral), branquiespinas y vértebras que *S. punctata* podría ser distinta con un estudio más fino y detallado.

Bahamonde & Pequeño (1975) citan, en la familia Centrolophidae, para Chile, los géneros *Schedophilus*, *Palinurichthys* y *Seriolella*, este último con las especies *S. violacea* desde Perú hasta Valparaíso y *S. porosa* en las costas de Perú y Chile.

McDowall (1982) en una revisión de los Centrolófididos de Nueva Zelandia valida la especie *S. caerulea* de Guichenot, 1848, citándola desde Tasmania a la Patagonia sudamericana. Indica que el examen realizado por Stehman & Lenz (1973) constata que *S. porosa* Guichenot, 1848 es un sinónimo de *S. punctata* (Foster), la que se distribuye desde Australia a América del Sur. Esto estaría señalando la presencia de tres especies del género *Seriolella* en el litoral chileno: *S. violacea*, *S. punctata* y *S. caerulea*. Posteriormente Pequeño (1989) señala para la fauna íctica chilena las siguientes especies nominales *S. caerulea* Guichenot, *S. porosa* Guichenot, *S. violacea* Guichenot y *S. punctata* (Bloch & Schneider).

Lamentablemente antecedentes sobre los diferentes aspectos biológicos, historia de vida y biológico-pesqueros de *S. caerulea* son escasos, dicen relación con datos pesqueros como volúmenes de captura que en 1985 a 1988 fluctuaron entre 2.123 a 2.743 ton anuales (Aguayo *et al.*, 1986, 1987, 1989), alcanzando las 3.063 ton en 1990 (SERNAP, 1990), cuyas tallas, longitud horquilla, fluctuaron entre 28 y 67 cm con una talla modal entre 46-49 en machos y entre 48-51 en hembras. El análisis del IG muestra un período de madurez y desove corto aproximadamente entre junio y septiembre con el máximo en julio-agosto (Aguayo *et al.*, 1986, 1987). Por lo anteriormente citado, el presente estudio tiene como objetivo verificar la aplicación del

método de lectura de anillos o bandas de crecimiento estacional para la determinación de edad en los otolitos sagitales de *C. caerulea* y establecer las funciones de crecimiento en longitud y peso para la cojinoba del sur.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó sobre la base de la lectura de anillos de crecimiento anuales en los otolitos saculares de 1.569 especímenes de cojinoba del sur (*S. caerulea*), de los cuales 1.257 (80%) fueron legibles. Las muestras fueron recolectadas mensualmente por muestreadores del Instituto de Fomento Pesquero, de las capturas comerciales de los barcos factorías que operaron en la Pesquería Sur-austral (43°00' L.S.-57°00' L.S.) durante 1985 (Tabla 1). A cada ejemplar se le registró la longitud horquilla (LH) en cm, el peso total (g), sexo y se le extrajo los otolitos saculares, los que fueron guardados secos en sobres de papel con sus datos correspondientes.

Tabla 1. Número de otolitos saculares legibles de cojinoba del sur (*S. caerulea*), analizados en el presente estudio, correspondiente al año 1985.

Number of sacular otoliths of *S. caerulea* analyzed during 1985.

Meses	Hembras	Machos	Total
Febrero	38	20	58
Marzo	62	55	117
Abril	65	78	143
Mayo	85	82	167
Junio	63	61	124
Julio	31	49	80
Agosto	67	72	139
Septiembre	88	71	159
Octubre	76	44	120
Noviembre	75	75	150
Totales	650	607	1.257

La lectura de las sagitas se efectuó por la cara externa con un estereomicroscopio Nikon SMZ 8, con aumento de 10x, previa hidratación en agua destilada por 24 hrs. Las mediciones del radio de los otolitos (Ro), así como el de los anillos anuales se realizó desde el focus al borde postrostral. Estas se efectuaron con un micrómetro ocular de 100 divisiones, donde cada una equivale a 10  $\mu$ m (Fig. 1).

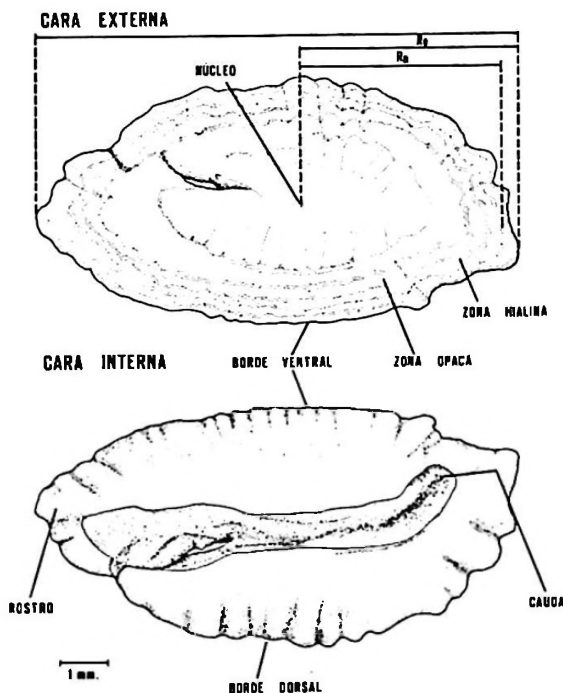


Figura 1. Esquema de un otolito izquierdo de *S. caerulea* por su cara interna y externa señalando su morfología, la disposición de los anillos anuales de crecimiento y las medidas registradas para la determinación de edad.

Diagram of the left otolith of *S. caerulea* showing inner and outer faces, annual growth rings and measurements taken.

Las observaciones se realizaron con luz incidente, con la cual las zonas de mayor densidad se visualizan blancas u opacas por reflexión de la luz y las de menor densidad oscuras o hialinas, por absorción de ella (Fig. 1). Las mediciones y análisis de la naturaleza del borde de los otolitos se llevó a cabo en el otolito izquierdo y se consiguió una mejor discriminación de los anillos al pintar con tinta indeleble negra o azul su cara interna.

La validación del método de lectura se efectuó analizando: 1) la proporcionalidad entre el incremento en longitud del pez (LH) y del otolito sacular ( $R_0$ ) por sexo mediante regresiones lineal, potencial y exponencial, y 2) la periodicidad de la formación y estacionalidad del borde de los otolitos de acuerdo a la nomenclatura de Dannevig (1933).

La determinación de tallas promedio del pez a las distintas edades se realizó a través del método de retrocálculo o cálculo a edades preteritas, utilizando las regresiones funcionales inversas que entregaron el mejor ajuste y que

permiten estimar las tallas promedio del pez a los correspondientes radios de los respectivos anillos anuales.

El crecimiento en longitud se analizó de acuerdo al modelo de von Bertalanffy, según la ecuación siguiente:  $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ .

Los parámetros de  $L_{\infty}$  y  $k$  se determinaron en una primera aproximación por el método de Ford-Walford (1946, *vide* Ricker 1975).

Una segunda estimación se efectuó por el método de Allen (1966), de tipo iterativo, que en general proporciona un mejor ajuste al comparar la suma de las diferencias de los cuadrados entre los valores de longitudes o pesos observados y calculados (residuales) en las diferentes edades. Un tercer ajuste de los parámetros de crecimiento se llevó a cabo utilizando la técnica de ajuste mediante regresión no lineal sugerida por Galluci & Quinn (1979), empleando además la técnica de iteración de Gauss-Newton, que minimiza la suma de cuadrados de residuales (Hartley, 1961), proporcionando estimados de los parámetros y una matriz de varianza-covarianza.

El crecimiento en peso se analizó determinando en primer lugar la relación longitud horquilla - peso total según la función alométrica  $W = a * LH^b$  y utilizando la función de crecimiento en longitud, por remplazo de  $L_t$  y  $L_{\infty}$  por  $W_t$  y  $W_{\infty}$  que corresponden al peso a la edad  $t$  y al peso asíntótico, respectivamente. En forma semejante a la estimación de los parámetros de crecimiento en longitud, se calcularon los parámetros de crecimiento en peso utilizando los métodos de Allen (1966) y técnica de ajuste no lineal.

Para comparar el crecimiento entre los sexos, se empleó el procedimiento propuesto por Galluci & Quinn (1979), quienes además de comparar estadísticamente los parámetros  $K$ ,  $L_{\infty}$  y  $t_0$ , incorporaron un nuevo parámetro omega ( $\omega$ ) ( $\omega = KL_{\infty}$ ) que corresponde a la tasa de crecimiento cercana a  $t_0$  y que representa gran robustez estadística.

## RESULTADOS

### Descripción del otolito sacular y características de los anillos anuales de crecimiento.

La sagita de *S. caerulea* tiene forma oval alargada, comprimida y compacta. Presenta una cara

interna convexa y la cara externa cóncava, a través de la cual se pueden observar con claridad los anillos de crecimiento. Su cara interna posee un sulcus acusticus profundo con una cauda curvada hacia el borde ventral y un ostium más amplio y profundo que la cauda (Fig. 1).

Rostro notorio bien desarrollado, levemente más ancho a nivel medio de su longitud. Pararostro aguzado no claramente delimitado del rostro, debido al crecimiento muy contiguo que experimentan. Sin embargo, la excisura ostii que separa ambas estructuras está claramente limitada por un espacio que queda en la base, entre la proyección del rostro y pararostro, los que en su trayecto distal dan la impresión de estar fusionados (Fig. 1).

Borde dorsal curvado con crenulaciones suaves y poco numerosas. Borde ventral recto en la mayor parte de su trayecto, con suave curvatura en sus extremos y con leves ondulaciones. Post-rostro notorio, desplazado hacia el borde ventral.

Los anillos anuales de crecimiento son observables claramente por su cara externa, sólo con una buena hidratación previa. La primera marca considerada como primer anillo o annulli no es detectable en la totalidad de las sagitas; sin embargo, es distinguible con claridad en un alto número de ellas y en otras lo es con cierta dificultad. Los anillos siguientes (2-4) aparecen claros y fácilmente visibles; no obstante, a partir del quinto son más difíciles de discriminar debido al aumento cada vez menor del otolito a medida que el pez crece. En las muestras examinadas se determinaron hasta 9 anillos hialinos, aunque en los análisis sólo se consideraron 8 por la escasa representatividad del anillo 9.

#### Proporcionalidad entre el incremento en longitud del pez y el otolito

Esta relación se conoció mediante el cálculo de las funciones de regresión entre la longitud horquilla (LH, cm) y el radio de la sagita ( $R_o$ ,  $\mu\text{m}$ ). Las muestras mensuales de LH sólo cubrieron el rango de 26 a 63 cm y es posible que especímenes inferiores a 26 cm no aparecieran en las capturas por una distribución espacial diferencial, más que debido a selectividad del arte.

Las funciones que entregaron un mejor ajuste y una mayor correlación, tanto para hembras como en machos, fueron las regresiones potenciales funcionales siguientes:

$$\text{Hembras: } R_o = 3,16141 \text{ LH}^{0,70207} \quad r^2 = 0,858$$

$$\text{Machos: } R_o = 2,56214 \text{ LH}^{0,75759} \quad r^2 = 0,887$$

El análisis de covarianza entre las regresiones de machos y hembras, para una hipótesis nula ( $H_0$ ) de líneas iguales, entregó los siguientes resultados:

$$F1 = 5,895 \quad (\text{caso de igual intercepto})$$

$$F2 = 2,386 \quad (\text{caso de igual pendiente})$$

Por lo tanto, para un nivel de significancia del 5%, el valor de F esperado es 3,84, por lo cual la hipótesis nula se rechaza, es decir, las funciones que representan la relación entre el radio del otolito y la longitud horquilla son diferentes para machos y hembras.

#### Periodicidad de formación de los anillos anuales

La variación de los tipos de borde durante los meses examinados, así como la frecuencia mensual porcentual, para ambos sexos se presenta en la Fig. 2. En ella se observa que el borde hialino empieza a incrementarse en forma sos-

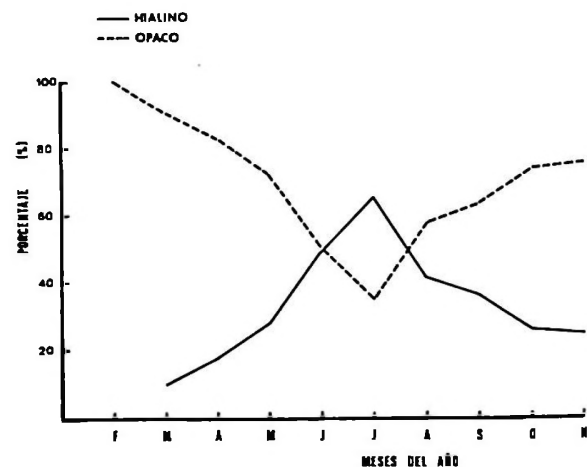


Figura 2. Variación porcentual de los bordes hialino y opaco registrada en los otolitos de cojinoba del sur, muestreados durante los meses de 1985.

Percent variation of the hyaline and opaque rings registered monthly in the otoliths of *S. caerulea* during 1985.



tenida desde el mes de abril, alcanzando su máxima preponderancia en julio con un 65%, para luego disminuir en forma paulatina hasta noviembre. Paralelamente, el borde opaco presenta su valor mínimo en julio y su máximo en verano, indicando de esta manera la formación anual de un anillo hialino y uno opaco.

**Determinación de longitudes a edades pretéritas**

La determinación de las longitudes horquillas promedio de los peces a edades pretéritas se efectuó mediante retrocálculo, utilizando las regresiones potenciales funcionales inversas y los radios promedio de los anillos hialinos anuales. Tales regresiones obtenidas para hembras y machos de cojinoba del sur se entregan a continuación:

Hembras:  $LH = 0,20108 * Ro^{1,41436} \quad r^2 = 0,858$   
 Machos:  $LH = 0,28883 * Ro^{1,31998} \quad r^2 = 0,887$

Los radios promedio de los respectivos anillos anuales hialinos, así como las correspondientes longitudes horquillas retrocalculadas, se entregan en la Tabla 2.

Tabla 2. Radios promedio de los anillos anuales (Rn), error estándar (e.e.) y longitudes horquilla promedio (LH) retrocalculados para cojinoba del sur.

Average radius of the annual rings (Rn), standard error (e.e.) and average fork length (FL) by back-calculation for *S. caerulea*.

Sexos	Machos			Hembras		
	Edad	Ro	e.e.	LH	Ro	e.e.
1	20,78	2,64	15,85	20,54	2,38	14,45
2	29,91	2,47	25,63	30,18	2,55	24,90
3	36,81	2,75	33,70	37,06	2,88	33,29
4	41,05	2,63	38,92	41,11	2,77	38,55
5	44,28	2,76	43,01	44,30	2,88	42,85
6	47,09	3,07	46,65	47,32	3,09	47,04
7	49,50	3,13	49,83	49,77	3,22	50,52

**Crecimiento**

En general, como en los peces es muy difícil conocer el crecimiento en forma directa, éste se estima indirectamente correlacionando el in-

cremento en longitud de estructuras duras (otolitos, escamas, vértebras, etc.) con el incremento en longitud y peso del pez.

**Crecimiento en longitud de hembras de cojinoba del sur**

El ajuste de los parámetros de crecimiento en longitud, a partir de las longitudes retrocalculadas para los respectivos anillos anuales, entregó un valor de  $LH_{\infty} = 60,6$  cm por medio del método de Ford-Walford. Este fue utilizado como valor inicial, para la aplicación del método iterativo de Allen, el cual entregó para los parámetros los valores siguientes:

Parámetros	Valores	E. estándar	L. inferior (95%)	L. superior (95%)
$LH_{\infty}$	60,4	2,04432	56,4	64,4
k	0,2515	0,02169	0,20899	0,29401
$t_0$	-0,09802	0,08867	-0,27181	0,07577

Por otra parte, el método de ajuste no lineal determinó los siguientes valores para los parámetros de crecimiento en hembras de cojinoba del sur:

Parámetros	Valores	E. estándar	L. inferior (95%)	L. superior (95%)
$LH_{\infty}$	60,4	2,03557	56,4	64,4
k	0,2515	0,02074	0,21085	0,29215
$t_0$	-0,09829	0,09182	-0,27826	0,08168

Este método entrega un mejor ajuste para  $L_{\infty}$  y k ; en cambio, el  $t_0$  obtenido por el método de Allen tiene un error estándar menor. Sin embargo, puesto que la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados (retrocalculados) y calculados mediante la ecuación de crecimiento son menores, se considera que el ajuste no lineal proporciona estimaciones que representan en mejor forma el crecimiento de las hembras. Por lo tanto, la ecuación que representa el crecimiento teórico en longitud de las hembras es la siguiente (Fig. 3).

$$LH_t = 60,4 \text{ cm} [ 1 - e^{-0,25150(t + 0,09829)} ]$$

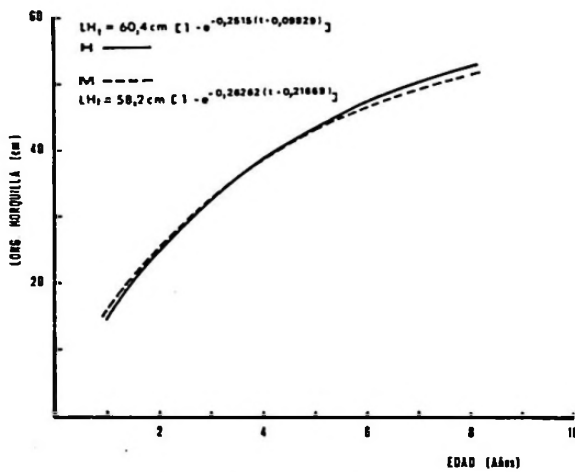


Figura 3. Curva de crecimiento en longitud horquilla (LH) estimada para hembras y machos de *S. caerulea*, con sus respectivas ecuaciones.

Length growth curve (FL) estimated for *S. caerulea* females and males.

### Crecimiento en longitud de machos de cojinoba del sur

El valor de  $LH_{\infty} = 58,7$  cm, obtenido por el método de Ford-Walford, fue utilizado como valor inicial para realizar el ajuste de los parámetros por el método de Allen. Los valores obtenidos fueron:

Parámetros	Valores	E. estándar	L. inferior (95%)	L. superior (95%)
$LH_{\infty}$	58,2	1,33167	55,6	60,8
k	0,26263	0,01637	0,23054	0,29472
$t_0$	-0,21652	0,06942	-0,35258	-0,08046

El método de ajuste no lineal proporcionó los siguientes estimados de los parámetros:

Parámetros	Valores	E. estándar	L. inferior (95%)	L. superior (95%)
$LH_{\infty}$	58,2	1,29668	55,7	60,7
k	0,26262	0,01581	0,23163	0,29361
$t_0$	-0,21669	0,07314	-0,36004	-0,07334

No obstante que los valores de los parámetros estimados por ambos métodos son similares, el segundo entrega un mejor ajuste de los datos, al considerar el menor error estándar.

De esta manera, la función que representa el crecimiento en longitud de los machos es (Fig. 3):

$$LH_t = 58,2 \text{ cm} [ 1 - e^{-0,26262(t + 0,21669)} ]$$

En las Tablas 3 y 4 se entregan las longitudes horquillas retrocalculadas y estimadas mediante la ecuación de crecimiento, para las distintas edades, con sus respectivas tasas de crecimiento.

La comparación de los parámetros de crecimiento en longitud estimados por el método no lineal, entre los machos y hembras, mediante el test de Chi cuadrado ( $\chi^2$ ), frente a una hipótesis nula de igualdad entre los sexos, entregó los resultados siguientes:

Parámetros	Machos	Hembras	Chi-cuadrado
$L_{\infty}$	58,20	60,40	
$V_{L_{\infty}}$	1,68138	4,14355	0,83091
k	0,26262	0,25150	
$V_k$	0,00025	0,00043	0,18184
$t_0$	-0,21669	-0,09829	
$V_{t_0}$	0,00535	0,00843	1,01731
w	15,29310	15,18350	
Vw	0,11747	0,28567	0,12980

Tabla 3. Longitudes horquilla promedio retrocalculadas y calculadas para hembras de cojinoba del sur, con sus respectivas tasas de crecimiento.

Average fork length retrocalculated and calculated for female of *S. caerulea* and its growth rate, respectively.

Edad	LH retrocal. (cm)	LH calculada (cm)	Tasa de Incremento	
			Absoluta	Relativa (%)
1	14,37	14,57	14,57	
2	24,87	24,76	10,19	69,9
3	33,32	32,69	7,93	32,0
4	38,62	38,85	6,16	18,8
5	42,96	43,64	4,79	12,3
6	47,19	47,36	3,72	8,5
7	50,71	50,26	2,90	6,1
8		52,52	2,26	4,5

Tabla 4. Longitudes horquilla promedio retrocalculadas y calculadas para machos de cojinoba del sur, con sus respectivas tasas de crecimiento.

Average fork length retrocalculated and calculated for male of *S. caerulea* and its growth rate, respectively.

Edad	LH retrocal. (cm)	LH calculada (cm)	Tasa de Incremento	
			Absoluta	Relativa (%)
1	15,85	15,92	15,92	
2	25,63	25,68	9,76	61,3
3	33,70	33,19	7,51	29,2
4	38,92	38,97	5,78	17,4
5	43,01	43,41	4,44	11,4
6	46,65	46,83	3,42	7,9
7	49,83	49,45	2,62	5,6
8		51,47	2,02	4,1

El valor de  $\chi^2$  para un nivel del 5% es de 3,84 y como el  $\chi^2$  observado  $< \chi^2_{0,95}$  se acepta la hipótesis nula, determinando que las diferencias en los parámetros de crecimiento de machos y hembras de la cojinoba del sur no son significativas, por lo que se puede considerar que el crecimiento en longitud para la especie puede ser representada por una función común.

De esta forma, el método no lineal proporciona el mejor ajuste considerando ambos sexos, entregando la siguiente función:

$$LH_t = 59,80 \text{ cm} [ 1 - e^{-0,25333(t + 0,14893)} ]$$

**Crecimiento en peso de cojinoba del sur**

Las funciones que representan la relación entre longitud (LH) y el peso total (PT), para cada uno y ambos sexos son:

Machos: PT = 0,05958 LH <sup>2,72954</sup> r<sup>2</sup> = 0,943  
 Hembras: PT = 0,04789 LH <sup>2,78220</sup> r<sup>2</sup> = 0,951  
 Ambos sexos: PT = 0,05658 LH <sup>2,74131</sup> r<sup>2</sup> = 0,949

Estas ecuaciones han sido utilizadas para determinar los pesos promedios correspondiente a las longitudes promedios a cada edad, que han permitido estimar los parámetros de la ecuación de crecimiento en peso de la cojinoba del sur.

La estimación de los parámetros de crecimiento en peso, tanto de los machos como de las hembras se realizó por medio del método de Allen y el no lineal, en ambos casos el mejor ajuste se logró por el último de los métodos nombrado, el cual entregó las siguientes funciones (Fig.4).

Machos: PT<sub>t</sub> = 4.341,8 g [ 1 - e<sup>-0,23237(t + 0,41377)</sup> ] <sup>2,72954</sup>  
 Hembras: PT<sub>t</sub> = 5.339,4 g [ 1 - e<sup>-0,20100(t + 0,43807)</sup> ] <sup>2,78220</sup>

En las Tablas 5 y 6 se entregan los pesos promedios observados y calculados para las diferentes edades de cojinoba del sur con sus respectivas tasas de incremento. La comparación de los estimados para los parámetros de crecimiento en peso, obtenidos por ajuste no lineal del modelo de Von Bertalanffy, mediante

Tabla 5. Pesos promedio observados (relación LH/PT) y calculados para machos de las distintas edades de cojinoba del sur, con sus respectivas tasas de incremento.

Average weight observed (relation FL/TW) and calculated for male at different ages of *S. caerulea* and increment rate.

Edad	Peso observado (g)	Peso calculado (g)	Tasa de Incremento	
			Absoluto (g)	Relativo (%)
1	112,36	134,49	134,49	
2	417,19	431,79	297,30	2,21
3	880,70	839,19	407,40	3,03
4	1304,79	1292,03	452,84	3,37
5	1713,93	1742,93	450,90	3,35
6	2139,43	2163,07	420,17	3,12
7	2561,35	2537,92	374,85	2,79
8		2862,49	324,57	2,41

Tabla 6. Pesos promedio observados (relación LH/PT) y calculados para hembras de las distintas edades de cojinoba del sur, con sus respectivas tasas de incremento.

Average weight observed (relation FL/TW) and calculated for females at different ages of *S. caerulea* and increment rate.

Edad	Peso observado (g)	Peso calculado (g)	Tasa de Incremento	
			Absoluto (g)	Relativo (%)
1	79,53	114,13	114,13	
2	365,84	381,67	267,54	2,34
3	825,50	771,67	390,00	3,42
4	1244,73	1231,23	459,56	4,03
5	1674,00	1714,74	483,51	4,24
6	2173,85	2189,41	474,67	4,16
7	2655,56	2634,49	445,08	3,90
8		3038,62	404,13	3,54

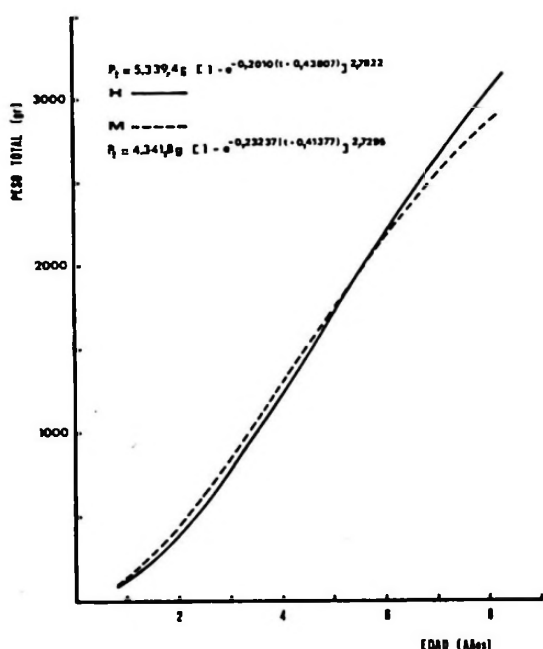


Figura 4. Curva de crecimiento en peso total estimada para hembras y machos de *S. caerulea*, con sus respectivas ecuaciones.

Total weight growth curve for *S. caerulea* females and males.

test de chi-cuadrado, para un nivel de 5% de significancia, determinó la no existencia de diferencia significativa entre los sexos, por lo cual el crecimiento en peso puede ser representado por una ecuación común. El ajuste no lineal entregó la siguiente función:

Ambos sexos:  $PT_t = 4.871,7 \text{ g} [1 - e^{-0,21530(t + 0,39261)}] 2,74131$

## DISCUSION

La clara distinción de la formación de los anillos o bandas hialinas y opacas en los otolitos sagitales, así como la relativa facilidad para discriminar la naturaleza del borde debido a la forma comprimida y transparencia de los otolitos de la cojinoba del sur, permite validar esta metodología para la determinación de edad en esta especie.

El examen de los otolitos saculares de *S. caerulea* y su comparación con la descripción entregada por Aguayo & Chong (1991) para *S. punctata*, muestra diferencias notorias en su morfología, en particular: rostro libre y prominente, pararostro corto y forma rectangular del otolito con el rostro y pararostro desplazado hacia el borde ventral en *C. punctata*, lo que permite con claridad la identificación de ambas especies mediante esta estructura.

El análisis del borde de los otolitos señaló la formación anual de un anillo opaco y uno hialino, con la formación del último de los citados durante el invierno, época del año que también ha sido informada para otras especies que habitan en latitudes semejantes (Aguayo, 1971; 1975; Aguayo & Soto, 1978; Chong & Aguayo, 1990), lo cual respalda el criterio de asignación de edad de acuerdo al número de anillos anuales (hialinos) presentes en las sagitas (Dannevig, 1933).

En cojinoba del sur las hembras y los machos presentan un crecimiento semejante, tan-

to en longitud como en peso, por lo cual el crecimiento puede ser representado por una función común.

Cojinoba del sur alcanza la mayor tasa de crecimiento en longitud al primer año de vida, mientras que la mayor tasa de crecimiento en peso la logra a los cuatro años en los machos y a los cinco en las hembras; en

cambio, en cojinoba moteada la mayor tasa de crecimiento en peso se alcanza en ambos sexos a los cinco años (Aguayo & Chong, 1991). Además, los autores citados encontraron un crecimiento en peso significativamente mayor de las hembras respecto a los machos en *S. punctata*, hecho que no fue detectado para *S. caerulea*.

## LITERATURA CITADA

- AGUAYO, M. 1971. Determinación de la edad en la merluza (*Merluccius gayi* Guichenot, 1848), mediante la lectura de otolitos. Boletín Científico, Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 16: 49 p.
- AGUAYO, M. 1975. Estudio de la edad y el crecimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lonnberg, 1907). Investigación Pesquera, Chile, 19: 46 p.
- AGUAYO, M. & S. SOTO. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común [*Clupea (Strangomera) bentincki*] en Coquimbo y Talcahuano. Investigación Pesquera, Chile, 28: 55 p.
- AGUAYO, M., Z. YOUNG, R. BUSTOS, V. OJEDA, T. PEÑAILILLO, R. GILI, C. VERA & H. ROBOTHAM. 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur - austral. 1985. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero AP 86/55, 143 p.
- AGUAYO, M., Z. YOUNG, R. BUSTOS, T. PEÑAILILLO, V. OJEDA, H. HIDALGO & I. CÉSPEDES. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur - austral. 1986. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero. AP 87/3, 209 p.
- AGUAYO, M., I. PAYÁ, R. BUSTOS, V. OJEDA, I. CÉSPEDES & C. VERA. 1989. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur - austral. 1988. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero. AP 89/17a, 161 p.
- AGUAYO, M. & J. CHONG. 1991. Determinación de edad y estimación de crecimiento en cojinoba moteada (*Seriolella punctata* Bloch & Schneider, 1881) de la zona sur de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 26(2): 363-374.
- ALLEN, K. P. 1966. A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type to observed data. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 23 (3): 163-179.
- BAHAMONDE, N. & G. PEQUEÑO. 1975. Peces de Chile. Lista Sistemática. Publ. Ocas. Mus. Nac. Hist. Nat., Chile. 22: 3-20.
- CHONG, J. & M. AGUAYO, 1990. Determinación de edad y estimación de parámetros de crecimiento en el congrio dorado, *Genypterus blacodes* (Schneider 1801), del Océano Pacífico Suroriental. Biología Pesquera, Chile, 19:55-67.
- DANNEVIC, A. 1933. On the age growth of the cod (*Gadus callarias*) from the Norwegian Skagerrack coast. Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations, 4 (1) :145 p.
- FOWLER, H. 1945. Fishes of Chile. Systematic Catalog. Apartado de la Revista Chilena de Historia Natural. Años XLV - XLVI - XLVII, 171 pág.
- GALLUCCI, V. & T. QUINN. 1979. Reparameterizing, fitting and testing a simple growth model. Transactions of the American Fishery Society. 108: 14-25.
- HAEDRICH, R.L. 1967. Stromateoid Fishes: Systematics and Classification. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard, 135 (2): 31-139.
- HARTLEY, H.O. 1961. The modified Gauss-Newton Methods for the fitting of nonlinear regression functions by least squares. Technometrics 3(2): 269-280.
- MCDOWALL, R.M., 1982. The Centrolophidae Fishes of New Zealand (Pisces: Stromatoidei). Journal of the Royal Society of the New Zealand, 12: 103-142.
- PEQUEÑO, G. 1989. Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada. Rev. Biol. Mar. Valparaíso, 24: (2): 1-132.
- RICKER, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 191: 382 p.
- SERNAP, 1990. Anuario Estadístico de Pesca 1990. Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, 191 p.



# Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE LA SANTISIMA CONCEPCION

ISSN 0067 - 8767



## INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Los trabajos, escritos en idioma español o inglés deberán ser enviados al Editor en cuádruplicado (original y tres copias).

El texto, incluyendo referencias bibliográficas, tablas, notas al pie de página, y leyendas de figuras, deberá ser escrito a máquina a doble espacio, en hojas tamaño carta (21,5 por 28 cm.) con un margen de 2,5 cm por lado.

Numere correlativamente todas las páginas del manuscrito y coloque en la esquina superior derecha de cada hoja el apellido de los autores; en caso de múltiple autoría, se utilizará la forma *et al.* a continuación del primer autor.

Se sugiere que el manuscrito conste de las siguientes secciones:

a.) Portada, b) Resumen y Abstract, c) Introducción, d) Materiales y Métodos, e) Resultados, f) Discusión, g) Agradecimientos (opcional), h) Literatura citada, i) Tablas y figuras.

Comience en hoja separada cada una de las siguientes secciones:

a) Portada, b) Resumen y Abstract, c) Texto, incluyendo introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Agradecimientos, d) Literatura citada, e) Notas al pie de página, f) Leyendas de figuras, g) Cada una de las Tablas.

**Portada.** La portada debe incluir el título del trabajo, nombre completo de los autores, institución en que se efectuó el trabajo seguido de su dirección postal, y nueva afiliación institucional si es que corresponde. Proporcione también en la portada un encabezamiento de página (título acortado) de no más de 50 caracteres, incluyendo espacios y una lista de no más de cinco palabras claves (key words) que no estén incluidas en el título del trabajo. Si el trabajo se presenta en español al título debe seguir su traducción al inglés.

**Resumen y Abstract.** Todo trabajo deberá contar con un Resumen en español y uno en inglés. Este último debe presentar una descripción detallada del problema los objetivos del trabajo, los métodos usados, los resultados y las principales conclusiones de la investigación que se describe, sin necesidad de hacer referencia al resto del trabajo.

**Texto.** El texto debe incluir: Introducción, Materiales, y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Literatura citada.

En su manuscrito subraye sólo los nombres científicos (Género, subgénero, especie y subespecie).

Los nombres científicos deberán escribirse completos, incluyendo el nombre de su descriptor, al menos la primera vez que se mencionan en el texto.

Deberá evitarse el uso de abreviaturas no aceptadas internacionalmente, pero si son usadas, su significado debe ser explicado en el texto al ser usadas por primera vez.

Las unidades utilizadas deben ajustarse al International System of Units (SI).

Las referencias se indicarán en el texto por el apellido del autor, seguido del año de publicación. Si son dos los autores, se separarán por el signo &. Si son más de dos autores, se utilizará el apellido del primero seguido de *et al.* Si un mismo autor tiene varios trabajos en el mismo año se indicará cada uno con letras a, b, c, etc., después del año (e.g. Jones, 1981; Jones & Brown, 1976; Palmer et al., 1977; Smith, 1982a, 1982b).

Cite solamente trabajos publicados en la prensa. En este último caso, indique en la lista de Literatura Citada el nombre del autor o autores, las palabras "en prensa" entre paréntesis, la cita del título y la revista. Incluya en el texto entre paréntesis, o en una nota al pie de página, no en Literatura Citada, cualquier mención a "manuscritos en preparación", "comunicación personal". Las comunicaciones personales se citarán en el texto, señalando el o los autores, seguido entre paréntesis por "comunicación personal" indicando, si es posible, año de la comunicación.

**Literatura Citada.** En la sección Literatura Citada, anote solamente los trabajos citados en el texto, ordenados por orden alfabético de apellidos. Iniciales y apellido de los autores irán en mayúscula.

La cita de artículos de revistas debe seguir el siguiente orden: apellido del autor; coma; iniciales del o los nombres; punto; año de publicación; punto; título del artículo; punto; nombre completo de la revista; coma; volumen en números árabes subrayados, número de fascículo entre paréntesis; dos puntos; primera y última página del artículo separadas por un guión; punto. (e.g. PAINE, R. T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, 103 (929): 91-93). Si la cita tiene más de un autor, a partir del segundo la inicial del nombre precede al apellido, y los autores irán separados por coma. Separe el último autor de esa cita del anterior por medio del signo &.

La cita de libros lleva el siguiente orden: Apellido del autor, coma, inicial del autor (seguido de la expresión ed. si se trata de editor); punto; año de publicación; punto; título; punto; número de la edición del libro (sólo a partir de la segunda edición); coma; Editorial; coma; ciudad de publicación; punto; páginas; punto.

Si se refiere a capítulo de un libro use el siguiente ejemplo: BIDDER, A.M. 1966. Feeding and digestion in Cephalopods. En: *Physiology of Mollusca*. 2: 97-124. K.M. Wilburn and C.M. Younge (ed.) Academic Press, New York.

**Tablas y Figuras.** Los gráficos, mapas, dibujos de línea y fotografías que se incluyan en el texto deben denominarse "figuras", y se abreviarán como Fig. en el texto. Las figuras se enumerarán en forma correlativa con números árabes. Cada figura debe ir acompañada por un título y una leyenda explicativa. Las leyendas de todas las figuras deberán escribirse en una misma hoja bajo el título "Leyendas de figuras". Cada leyenda debe describir la figura con suficiente detalle como para que ella sea comprensible sin referencia al texto.

Las tablas se enumerarán en forma correlativa con números árabes. Cada tabla debe tener un título, seguido de una leyenda que describa la tabla con suficiente detalle como para que ella sea comprensible sin referencia al texto. El encabezamiento de cada columna debe expresar claramente su contenido y la unidad.

La publicación del artículo en español requerirá que se agregue un resumen en inglés (Abstract), a continuación del resumen en español. Los trabajos en inglés requerirán un resumen en español a continuación del resumen en inglés (Abstract). En ambos tipos de artículos, las Tablas y Figuras llevarán sus leyendas en inglés y español, o viceversa, de acuerdo al idioma en que se encuentre el texto.

Las ilustraciones pueden ser dibujos originales o fotografías de muy buena calidad en papel brillante. Los dibujos originales deberán hacerse con tinta china en papel de buena calidad. El tamaño de los gráficos y de las letras y símbolos debe calcularse de manera que, una vez reducidos a un ancho de columna (7 cm) o doble columna, mantengan su legibilidad.

Cada copia del manuscrito deberá acompañarse de una copia de las Tablas y Figuras, cada una de las cuales no debe exceder 21,5 x 28 cm (hoja tamaño carta).

Se imprimirán sólo fotografías en blanco y negro. Gastos de impresión de fotografías en colores serán por cuenta de los autores, pero se aceptarán excepcionalmente.

**Pruebas de imprenta y Apartados.** Los autores recibirán una prueba de imprenta que deberán devolver corregida de inmediato. Estas correcciones se referirán sólo a errores de composición.

El autor recibirá gratuitamente 50 (cincuenta) apartados de su trabajo. Un número mayor debe cancelarlos anticipadamente. La cantidad adicional debe ser indicada al devolver la prueba de imprenta.



# Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE LA SANTISIMA CONCEPCION



ISSN 0067 - 8767

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Manuscripts written either in Spanish or English should be sent to the Chief Editor in one original and three copies.

Text, including literature cited, tables, foot-page notes and figure captions, should be typewritten, double-spaced on sheets of approximately 21.5x28 cm with a margin of 2.5 cm.

Manuscript's pages should be numbered correlatively with the author's name in the upper-right corner; in case of several authors use the form "et al", after the first author's name.

It is suggested that submitted papers should have the following sections:

- a. Title page.
- b. Abstract and Resúmen and viceversa.
- c. Introduction.
- d. Material and Methods.
- e. Results.
- f. Discussion.
- g. Acknowledgments (optional).
- h. Literature cited.
- i. Tables and Figures.

Start on a separate page each of the following sections: a) Title page; b) Abstract and Resúmen; c) Text, including Introduction, Material and Methods, Results, Discussion and Acknowledgments; d) Literature cited; e) Foot-page notes; f) Figure captions; g) Each of the Tables.

**Title page.** Title page should include the title of the paper, name of the author(s), name of the institution(s) and postal address where the work was done; and new institutional affiliation(s) and postal address if appropriate. Give also a running head not longer than 50 caracteres including spaces, and a list of key-words that do not appear in the paper's title with a maximum of five. In papers written in English, the title should be followed by its translation into Spanish.

**Abstract and Resúmen.** All manuscripts should include an Abstract in English and a Resúmen in Spanish (Abstract can be translated into Spanish by the Editors). Abstract and Resúmen should record succinctly the main findings of the paper rather than making vague references to the results and discussion. Both Abstract and Resúmen should be understandable without reference to the text.

**Text.** The text should include: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments and Literature cited.

In the manuscript, underline only the scientific names (Genus, subgenus, species and subspecies).

The scientific names should be written in full including the descriptor's name when given for the first time (The descriptor's paper should not be cited in the Literature section).

The use of non standard international abbreviations, should be avoided. However, if necessary, their meaning have to be explained when used for the first time.

The units in the manuscript should follow the International System of Units (Système International d' unités, SI).

References should be indicated in the text by the name of the author, followed by the year of publication. If two authors collaborated in a same paper, their names should be separated by an ampersand (&). If there are more than two authors, the name of the first author should be followed by the form "et.al." In the case of citation of several works of the same author in a given year, use a, b, c, after the year to make the distinction among the different publications (e.g. Jones, 1981; Jones & Brown, 1976; Palmer et.al., 1977; Smith, 1982a, 1982b).

Cite only papers that have been published or in-press. In this last case in the Literature Cited section mention the name of the author, comma, the form "in-press" between parenthesis, the citation of the title, and the name of the journal. Do not include in the Literature Cited section references to "manuscript in preparation" or "personnal communication". In this case, it should be cited in the text, giving the name(s) of the author(s) followed by the form "Personnal communication" between parenthesis, and if possible, the year it took place.

**Literature Cited.** In this section cite only papers referred in the text in alphabetical order by first author's name. Use capital letters for initials and names.

Citation of papers should be made in the following order: name of the author; comma, initials, period, year of publication; period, title of the article, period; full reference of the journal's name; comma; volume number underlined in arabic numerals; issue number between parenthesis; colon; number of the first and last paper's page separated by an hyphen; period. [e.g. PAINE, R.T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, 103(929):91-93]. In case of citation with more than one author, the initials should precede the name of the second and following authors. Separate authors names by commas and the last one by an ampersand(&).

Citation of books should follow this sequence: Author's name; comma; author's inicial(s); period; followed by the form "ed" if it is the book editor's; period; year of publication; period; title; period; number of the edition (starting with the second edition); comma; Editorial name; comma; city of issue; period; number of pages; period.

To cite a book's chapter, use the following example: BIDDER, A.M. 1966. Feeding and digestion in Cephalopods. In: *Physiology of Mollusca*. 2:97-124. K.M. Wilburn and C.M. Yonge (ed.) Academic Press, New York.

**Tables and Figures.** Illustrations (either graphs, or maps, or drawings) and photographs included in the texts should be nominated "figures" and abbreviated as "Fig." in the text. Figures should be numbered correlatively with arabic numerals. Each figure should have a title and an explanatory caption. Figure captions should be typed together in the same sheet under the heading "Figure Captions". Each caption should give a detailed description of the figure, understandable without reference to the text.

Tables should be numbered correlatively with arabic numerals. Each table should have a title followed by a legend giving a detailed description of its content, understandable without reference to the text. The head of each column should clearly state its content and their units.

The publication of the article in Spanish will require the addition of an Abstract in English, after the Spanish Summary. Papers in English should have a Spanish Summary after the Abstract. In Spanish -or English- written articles, Tables and Figures should have their legends/captions in both Spanish and English.

Illustrations should be either originals or good quality glossy prints. Original drawings should be made in Indian ink on good quality paper. The size of graphs, letters and symbols should be calculated in such a way that once the Figure is reduced to the width of one column (7 cm) or double column, it should still be readable.

Each copy of the manuscript should be sent together with one copy of the set of figures and tables, in the appropriate format (21,5x28 cm, letter size). Only B/W photographs will be accepted. Color photographs will be exceptionally considered and printing costs will be charged to the author.

**Galley proof and Reprints.** Authors will receive galley proof to be returned within 72 hours. Corrections on galley proof should be only on printer's errors.

The authors will receive 50 reprints free of charge. Additional copies could be ordered with the returning galley proof enclosing payment.



Esta  
publicación  
se terminó de imprimir  
en el mes de abril de 1995  
en los talleres de  
EDITORIA ANIBAL PINTO S.A.,  
Maipú 769, Concepción,  
Chile







# Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE LA SANTISIMA CONCEPCION



INDICE N° 23

1994

**Cubillos, L. y P. Sobarzo**

Aspectos teóricos para el análisis de datos de captura y esfuerzo de pesca mediante modelos de función de transferencia. *Theoretical aspects for the analysis of catch and effort data through transfer function noise models* ..... 3-10

**Arancibia, H., L. Cubillos, J. Remmaggi y R. Alarcón**

Determinación de la talla de madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. *Determination of the size at sexual maturity and batch fecundity in common sardine, Strangomera bentincki* (Norman, 1936), off Talcahuano, Chile ..... 11-17

**Cubillos, L., P. Sobarzo y H. Arancibia**

Análisis retrospectivo de la evaluación de merluza común (*Merluccius gayi*) utilizando análisis secuencial de la población sintonizado. *Retrospective analysis of the assessment of the Chilean hake (Merluccius gayi) by using a turing sequential population analysis* ..... 19-30

**George-Nascimento, M. y H. Arancibia**

La fauna parasitaria y la morfometría de la merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) como indicadores de unidades de stock. *The parasite fauna and morphometry of the southern hake Merluccius australis (Hutton) as indicators of stock units* ..... 31-47

**Zaixso, H. E. y Z. I. Lizarralde**

Efecto del tamaño de malla sobre el crecimiento y sobrevivencia del mejillón (*Mytilus platensis* d'Orb.) en cultivos con encordados franceses. *Effect of mesh size on growth and survival of cultured mussels (Mytilus platensis d'Orb.) in french nettings* ..... 49-57

**Chong, J. y M. Aguayo**

Determinación de edad y crecimiento de *Serirolella caerulea* Guichenot, 1848 de la zona sur-austral de Chile. *Age and growth determination of Seriolella caerulea Guichenot, 1848 from Southern Chile* ..... 59-67



FONDO DE PUBLICACION  
VICERRECTORIA ACADEMICA  
UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION