

EL CRECIMIENTO ALOMETRICO EN LA MERLUZA COMUN (*Merluccius hubbsi*) Y ELECCION DE UN MODELO DE CRECIMIENTO APROPIADO^{1, 2}

Oscar E. Gaggiotti³ y Marta A. Renzi

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero
Playa Grande, 7600 Mar del Plata, Republica Argentina

RESUMEN: Se realizó un estudio de edad y crecimiento de la merluza común (*Merluccius hubbsi*). El material analizado correspondió a 1560 otolitos de peces cuyas tallas fluctuaron entre 24 y 86 cm de longitud total. Los ejemplares provinieron del muestreo de desembarque efectuado entre enero y diciembre de 1983 en el puerto de Mar del Plata.

Los otolitos se leyeron cortados, pulidos y quemados. A partir del estudio de los bordes se determinó, al igual que en trabajos anteriores (Otero, 1977; Bambill, manuscrito), que la formación del anillo anual ocurre en el segundo semestre, con una frecuencia máxima en octubre.

La edad máxima observada fue para los machos de 10 años y para las hembras de 13 años, presentando la edad 4 una mayor frecuencia en las capturas.

Con respecto a la caracterización del crecimiento, se analizaron dos modelos: el de von Bertalanffy especial y el de von Bertalanffy generalizado propuesto por Taylor (1962) y Pauly (1981). Del análisis realizado se concluye que, en el caso de la merluza común, parece más apropiado usar la ecuación generalizada de von Bertalanffy, debido a que es ésta la que mejor describe el crecimiento de la especie.

En el caso del modelo especial de von Bertalanffy, los parámetros se estimaron usando los métodos de Ford-Walford (1946), Gulland (1969), Bayley (1977) y Pauly (en Gaschultz *et al.*, 1980).

La ecuación generalizada de von Bertalanffy fue ajustada usando el método de Pauly.

En base a la ecuación generalizada de von Bertalanffy se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{para machos: } l_t &= 54,38 (1 - \exp(-0,278 \times 0,661 (t + 4,783)))^{1/0,661} \\ \text{para hembras: } l_t &= 98,00 (1 - \exp(-0,191 \times 0,575 (t + 4,577)))^{1/0,575} \end{aligned}$$

siendo la esperanza de vida ($A_{0,95}$) de 11,52 y 22,70 para machos y hembras respectivamente.

Se observa un crecimiento en peso alométrico, siendo esta alometría negativa más pronunciada en los machos. El crecimiento de las superficies metabólicamente activas (superficie branquial) sería también alométrico, observándose una alometría positiva mayor en hembras que en machos.

Palabras clave: Merluza común, *Merluccius hubbsi*, edad, crecimiento.

SUMMARY: COMMON HAKE (*Merluccius hubbsi*) ALLOMETRIC GROWTH AND SELECTION OF AN ADEQUATE GROWTH MODEL.— Otolith cross sections from the common hake (*Merluccius hubbsi*) were used for age and growth determinations. The samples were obtained from the landings at the Mar del Plata Harbour between January and December 1983.

By examination of the otoliths edges was established that the hyaline zone is formed during the second semester. The maximum ages observed were 10 years for males and 13 years for females.

Two growth models were analyzed: the von Bertalanffy growth formula (VBGF) and the generalization of von Bertalanffy's function proposed by Taylor (1962) and Pauly (1981). From the analysis made it can be concluded that it seems more appropriate to use the generalization of VBGF since this provides a better description of the common hake growth.

The growth parameters were estimated using different methods (Ford-Walford, Gulland, Bayley, and Pauly).

Using the generalization of VBGF and Pauly's method for its resolution, the following equations were obtained:

$$\begin{aligned} \text{males: } l_t &= 54,38 (1 - \exp(-0,278 \times 0,661 (t + 4,783)))^{1/0,661} \\ \text{females: } l_t &= 98,00 (1 - \exp(-0,191 \times 0,575 (t + 4,577)))^{1/0,575} \end{aligned}$$

The life span ($A_{0,95}$) was estimated to be 11,52 and 22,70 for males and females respectively.

An allometric growth in weight was observed, being this negative allometry more pronounced for males. The growth of the surfaces actually related to anabolic processes (gill surface area) should also be allometric, being this positive allometry larger for females than for males.

Key words: Common hake, *Merluccius hubbsi*, age, growth.

¹ Este trabajo fue presentado en el Cuarto Simposio Científico de la CTMFM, noviembre de 1987.

² Contribución del INIDEP No. 689.

³ Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), La Plata, Buenos Aires, República Argentina.

INTRODUCCION

La determinación de la edad en los peces es uno de los elementos más importantes para el estudio de la dinámica de sus poblaciones. Es el dato básico usado en los cálculos que permiten conocer el crecimiento, la mortalidad, el reclutamiento y otros parámetros fundamentales de las poblaciones de peces.

Si bien ya existen en la bibliografía trabajos referentes a la determinación de la edad en la merluza común (Otero, 1977, Bambill, manuscrito) fue necesario realizar una revisión y redefinición a los efectos de fijar los criterios a ser usados de aquí en más por las distintas personas que se dedican a la lectura de los otolitos de esta especie. Se fijaron además los criterios a seguir para la construcción de las tablas largo-edad, tales como la consideración o no de ciertos anillos en función de la fecha de marcación de los mismos y de la fecha de cumpleaños.

La búsqueda de modelos matemáticos que describan el crecimiento de los peces se remonta a principios de siglo. Desde entonces se propusieron un gran número de ellos a efectos de poder incorporarlos a modelos de rendimiento y para realizar comparaciones entre distintas especies o entre distintos stocks de una misma especie. Uno de los primeros modelos propuestos fue el de von Bertalanffy (1938). Esta ecuación es la más generalmente usada y está basada en consideraciones fisiológicas. Sin embargo a partir de la década del 60 comenzaron a surgir numerosas objeciones contra este modelo (Knight, 1968, 1969; Ricker, 1975), proponiéndose incluso su total abandono (Roff, 1980). Como respuesta a estas críticas surgieron trabajos que argumentaban a favor de la ecuación de von Bertalanffy y a su vez proponían una generalización de la misma (Taylor, 1962; Pauly, 1981).

En el presente trabajo se analiza el modelo de von Bertalanffy y la generalización del mismo que presentan los autores antes mencionados. Dichas ecuaciones fueron aplicadas a los datos de crecimiento de la merluza común a efectos de comprobar cuál de ellos describe más correctamente el crecimiento de dicha especie.

Es necesario remarcar que este estudio de crecimiento está enmarcado dentro del contexto de un estudio de evaluación de stock, por lo que el objetivo del mismo es el cálculo de la biomasa añadida al stock pesquero, medida como incremento de talla. Es decir que el modelo de crecimiento obtenido corresponde a los datos provenientes de la flota pesquera, que no suelen ser representativos de la población biológica real.

MATERIAL Y METODOS

Procedencia del material estudiado

En el presente trabajo se analizan los datos provenientes del muestreo efectuado sobre las capturas comerciales desembarcadas en el Puerto de Mar del Plata durante el año 1983. En la Figura 1 se indican las posiciones de los lances de pesca y el mes en que fueron realizados.

Los datos utilizados en este estudio fueron la edad, el sexo y el largo total (cm).

Determinación de la edad

En el presente estudio sobre la merluza común se utilizaron los otolitos, que ya fueron estudiados y probados como las estructuras más convenientes (Angelescu *et al*, 1958; Otero, 1977) por la claridad de sus anillos, la validez de sus marcas anuales y la facilidad de su recolección.

Para la preparación de los otolitos se usaron dos métodos:

- Aquéllos provenientes de individuos menores de 30 cm fueron sumergidos en agua por un tiempo no menor de 24 hs. Luego se procedió a su lectura con lupa binocular y luz reflejada colocándolos en una cápsula de petri con fondo oscuro e inmersos en agua. Este técnica permite la hidratación de los otolitos más pequeños, aumentando su transparencia y facilitando la identificación de los anillos de crecimiento.
- Aquéllos provenientes de individuos mayores de 30 cm, dado su grosor, se cortaron, pudieron y quemaron. La lectura de los otolitos así procesados se realizó con lupa binocular y luz reflejada en la superficie del corte, donde se colocó una gota de aceite para obtener una mejor refringencia.

Fueron leídos un total de 1560 otolitos. La lectura se realizó con lupa estereoscópica de discusión, que permite la lectura simultánea de dos personas. Se comparó la interpretación de cada una de ellas para establecer un criterio común de lectura. En los casos en que no se llegó a un acuerdo, se descartó el otolito analizado.

Para interpretar correctamente las marcas observadas es necesario tener en cuenta ciertos aspectos de la biología de la especie en cuestión tales como la fecha de desove, la influencia de cambios en el medio ambiente en relación con la edad, etc. Esto permitirá diferenciar marcas o anillos falsos que no deben ser considerados para la determinación de la edad. Así por ejemplo, en merluza la época de desove masivo es en enero,

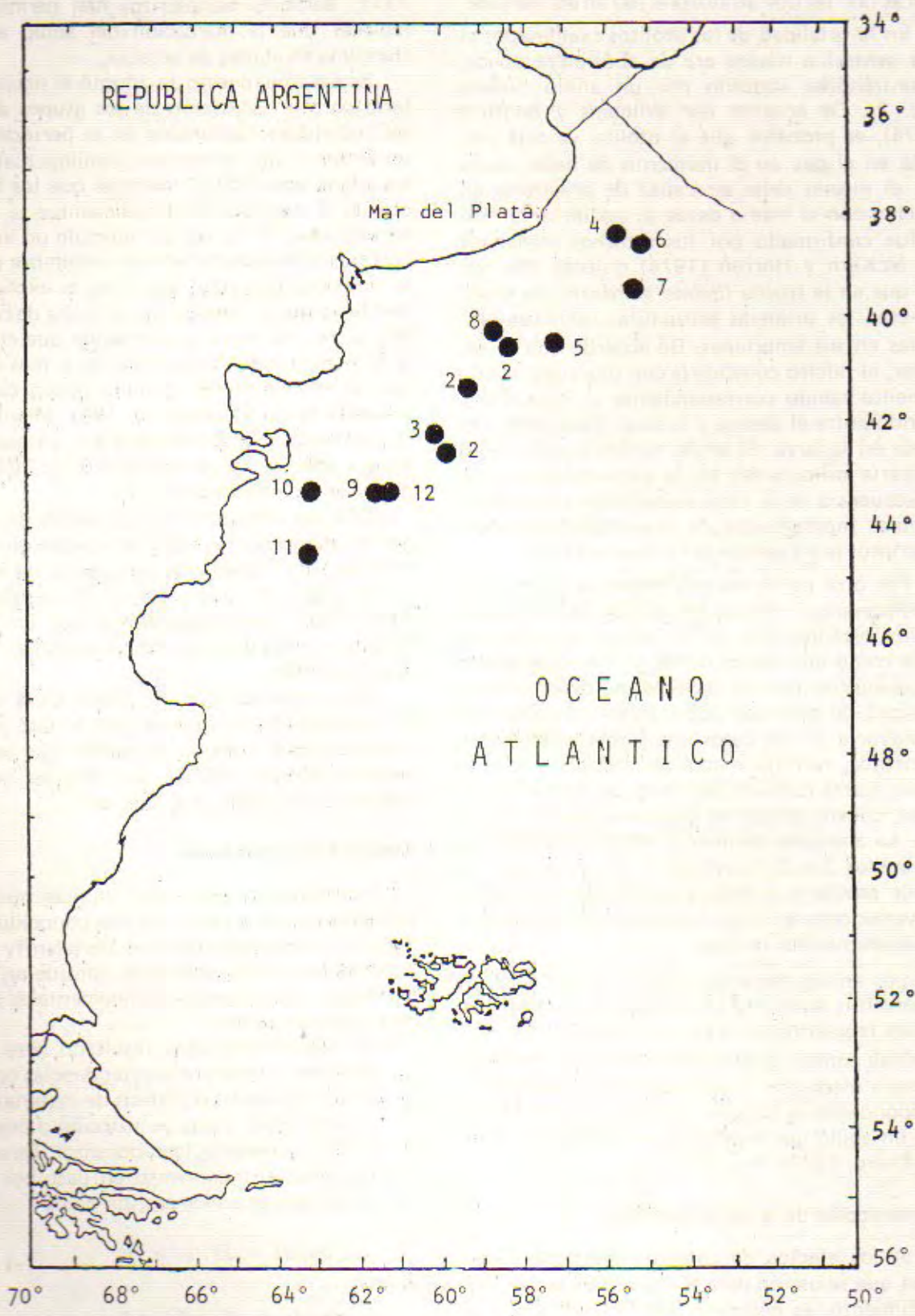


Fig. 1. Posición de los lances de pesca y mes en que fueron realizados.

momento en que se marca un anillo hialino adicional debido a las particulares condiciones fisiológicas por las que atraviesa el pez en ese período.

En la totalidad de los otolitos examinados el área central o núcleo era de naturaleza opaca, encontrándose rodeado por un anillo hialino (Fig. 2). De acuerdo con Williams y Bedford (1974), es probable que el otolito ya esté presente en el pez en el momento de nacer, dado que el mismo debe ser capaz de orientarse en relación con el medio desde su estado larval. Esto fue confirmado por los estudios realizados por McKern y Horton (1974) quienes observaron que en la trucha (*Salmo gairdneri*) los otolitos eran las primeras estructuras calcáreas presentes en sus embriones. De acuerdo con lo anterior, el núcleo coincidiría con una zona de crecimiento rápido correspondiente al lapso transcurrido entre el desove y la total reabsorción del vitelo en la larva. El anillo hialino que lo rodea indicaría dificultades en la alimentación como consecuencia de la total reabsorción del vitelo y cambios morfológicos de importancia que son descritos por Ciechowski y Weiss (1974).

Por otra parte, los tres primeros anillos hialinos presentan características que los distinguen de los restantes (Fig. 3). El primer anillo se observa como una marca nítida y fina. El segundo se caracteriza por ser a veces múltiple y de intensidad de quemado débil. El tercero posee en la mayoría de los casos una forma típicamente asimétrica, con una marca de intensidad de quemado fuerte rodeado por otras de menor intensidad, constituyendo en conjunto una banda ancha. La aparición de marcas débiles alrededor de los anillos 2 y 3, e incluso a veces del uno, se puede asociar a la mayor sensibilidad del pez a las variaciones en las condiciones ambientales en los primeros años de vida.

Los anillos restantes (cuatro en adelante) se observaron como marcas dobles separadas más o menos regularmente. Esto es debido a que en la merluza común a partir de los tres años (edad de primera madurez) se marca además del anillo correspondiente al período de deficiencia alimentaria, un anillo que representa el período de desove (Otero, 1977) (Fig. 4).

Construcción de la tabla edad-talla

A los efectos de construir las tablas largo-edad que se usarán para el trazado de la curva de crecimiento, es necesario asignar cada pez a un grupo de edad. En el caso de la merluza común, la elección de esta fecha tiene además un significado biológico real ya que el desove masivo de

esta especie se produce en el mes de enero.

Por otra parte estudios anteriores (Otero, 1977; Bambill, manuscrito) han permitido establecer que la marcación del anillo anual se completa en el mes de octubre.

Según lo expuesto se adoptó el siguiente criterio para la asignación de los grupos de edad: los individuos capturados en el período enero-setiembre y que presenten n anillos hialinos, se les asigna una edad n , mientras que los capturados en el período octubre-diciembre se les asigna una edad $n - 1$. Así por ejemplo un individuo con tres anillos capturado en noviembre de 1980 se le asigna una edad dos. Esto se explica fácilmente ya que al adoptar como fecha de cumpleaños el 1o. de enero y asumiendo que completó la formación del último anillo en el mes de octubre, el individuo del ejemplo recién cumpliría tres años el 1o. de enero de 1981. Mientras tanto pertenece al grupo de edad dos, ya que su verdadera edad al 1o. de noviembre de 1980 es de dos años y diez meses (Fig. 5).

Una vez efectuada la asignación de los grupos de edad, los resultados se vuelcan en una clave edad-talla, construída agrupando los ejemplares en clases de largo de 1 cm. De acuerdo con FAO (1981), es aconsejable tomar un número fijo de individuos por estrato de talla. En este caso fue de 40.

En la merluza común, como en la mayoría de los gádidos, se observa que la tasa de crecimiento de las hembras es menor que la de los machos (Otero, 1977), por ello es necesario construir una tabla para cada sexo.

Modelos de crecimiento

Existen en la actualidad un gran número de modelos de crecimiento. El más conocido y aceptado es el presentado por von Bertalanffy (1938). Este modelo está basado en consideraciones fisiológicas. Sus aspectos fundamentales se resumen a continuación:

- 1) El crecimiento es el resultado neto de dos procesos continuos con tendencias opuestas: una producción o síntesis de material celular (anabolismo) y una destrucción o descomposición de materia (catabolismo). De acuerdo con esto el incremento en peso por unidad de tiempo se puede escribir como:

$$dw/dt = H \cdot s - k \cdot w \quad (1)$$

o bien

$$dw/dt = H \cdot w^{2/3} - k \cdot w \quad (1')$$

donde S es la superficie, w es el peso y H y k son los coeficientes de anabolismo y cata-

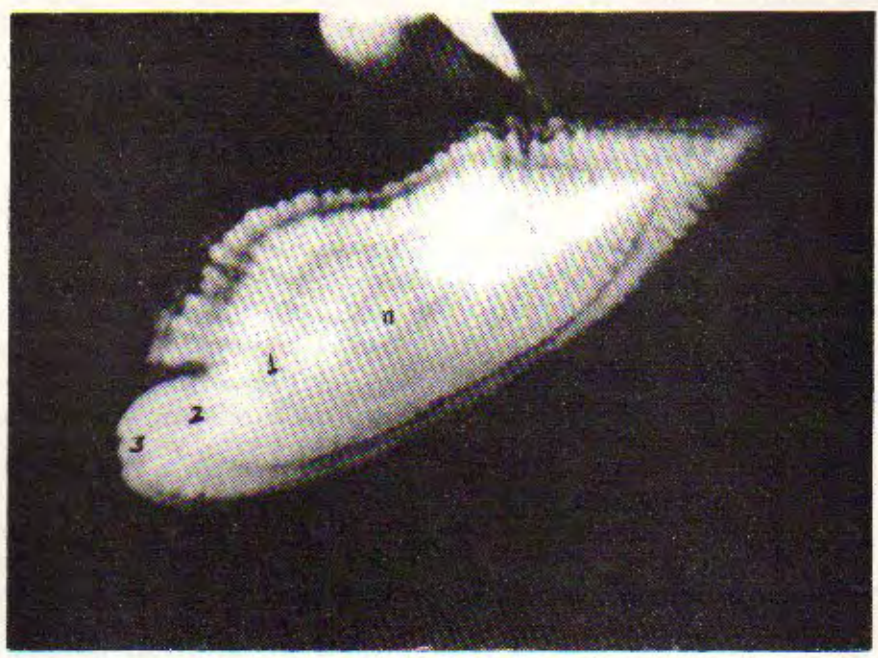


Fig. 2. Otolito entero, donde se indican el núcleo (n) y los anillos de crecimiento (1, 2, 3).

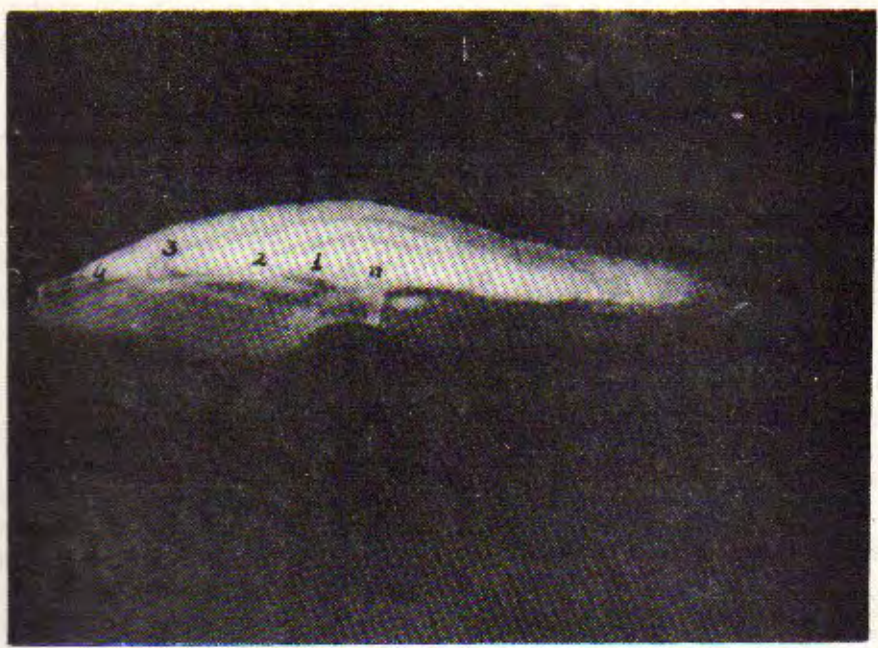


Fig. 3. Otolito cortado, pulido y quemado.

bolismo respectivamente.

- 2) El crecimiento cesa cuando el anabolismo es igual al catabolismo.
- 3) El catabolismo ocurre en todas las células vivas del pez y por lo tanto es directamente proporcional a la masa del pez y a su peso.
- 4) El peso, por otra parte, es proporcional a la longitud al cubo:

$$w = q \cdot l^3 \quad (2)$$

- 5) En los peces el anabolismo es proporcional a la tasa respiratoria.
- 6) En los peces la tasa respiratoria es proporcional a una superficie.
- 7) Por lo tanto, el crecimiento está limitado por una superficie.
- 8) La superficie que limita el crecimiento aumenta en proporción a una dimensión lineal al cuadrado (crecimiento isométrico):

$$s = p \cdot l^2 \quad (3)$$

- 9) La corrección de la línea argumental anterior (incisos 1 a 8) está apoyada por las experiencias realizadas con el ciprindonte vivíparo *Lebistes reticulatus* que confirmaron la hipótesis de que la tasa respiratoria aumenta en proporción al peso elevado a una potencia igual a 2/3 (esto implica que el anabolismo es proporcional a una superficie y que el peso es proporcional al cubo de la longitud). Las desviaciones de la regla de los 2/3 del metabolismo puede ocurrir pero no en peces.
- 10) La constante k en el término negativo de la ecuación (1) puede ser considerada como la fracción de la masa corporal que se degrada por unidad de tiempo.

En base a estas consideraciones von Bertalanffy derivó su conocida ecuación de crecimiento en largo que se describe a continuación:

$$l_t = L_{\infty}(1 - \exp(-k(t - t_0))) \quad (4)$$

donde L_{∞} es la longitud máxima que alcanza el pez, k la constante catabólica y t_0 es la edad a la cual la longitud es nula. Este último parámetro no tiene sentido biológico, es sólo un parámetro de ajuste.

La ecuación de von Bertalanffy de crecimiento en peso es:

$$w_t = W_{\infty}(1 - \exp(-k(t - t_0))) \quad (5)$$

donde W_{∞} es el peso a la longitud máxima que alcanza el pez.

El desarrollo para obtener esta fórmula figura en numerosas publicaciones (von Bertalanffy, 1938; Taylor, 1962; etc.).

Como se puede deducir de su formulación, este modelo asume que el crecimiento de los peces es asintótico, es decir que la tasa de crecimiento se reduce hasta hacerse nula a una cierta edad, después de la cual el pez no crece más.

Si bien este modelo es aún muy utilizado, en los últimos años se le han hecho numerosas objeciones, de las cuales las más importantes para nuestro estudio son:

a) Rara vez el peso varía en forma proporcional al cubo de la longitud. Si bien las desviaciones de este valor no son usualmente grandes, se reportaron índices que van de 1,4 a 4 (Ricker, 1958). Por lo tanto, es más correcto suponer que el peso varía en forma proporcional a la longitud elevada a una potencia que puede o no ser igual a tres. Esto se indica como:

$$w = p \cdot l^b \quad (6)$$

b) No existen evidencias respecto a que las superficies realmente relacionadas con los procesos anabólicos sean proporcionales al cuadrado de la longitud, como indica explícitamente von Bertalanffy (ver inciso 8). Por otra parte, von Bertalanffy no identifica claramente cuáles son esas superficies. Más tarde Taylor (1962) las considera indeterminadas, indicando sin embargo que podrían ser las branquias o los intestinos. Pauly (1981) hace un análisis detallado, llegando a la conclusión de que son las branquias las que limitan el anabolismo (puesto que la absorción de oxígeno es directamente proporcional a su superficie). Los intestinos no lo podrían ser puesto que para ello se requeriría que las áreas absorbentes estén siempre en contacto con alimento digerido, cosa que no es cierta. De acuerdo a esto es obvio considerar la posibilidad de que las branquias crecen en proporción a la longitud elevada a una potencia que no necesariamente es dos. Esto se expresa como:

$$s = q \cdot l^a \quad (7)$$

De acuerdo a lo antes mencionado, sería necesario corregir la ecuación de von Bertalanffy para que considere también la posibilidad de crecimiento alométrico. El primero en introducir tal corrección fue Taylor (1962), derivando la función a partir de la ecuación (1) y considerando las relaciones indicadas por las ecuaciones (6) y (7). De esta forma obtiene una serie de ecuaciones que dependen de la relación entre a y b:

Si $b > a$, entonces se obtiene una generalización de la ecuación de von Bertalanffy de la siguiente forma:

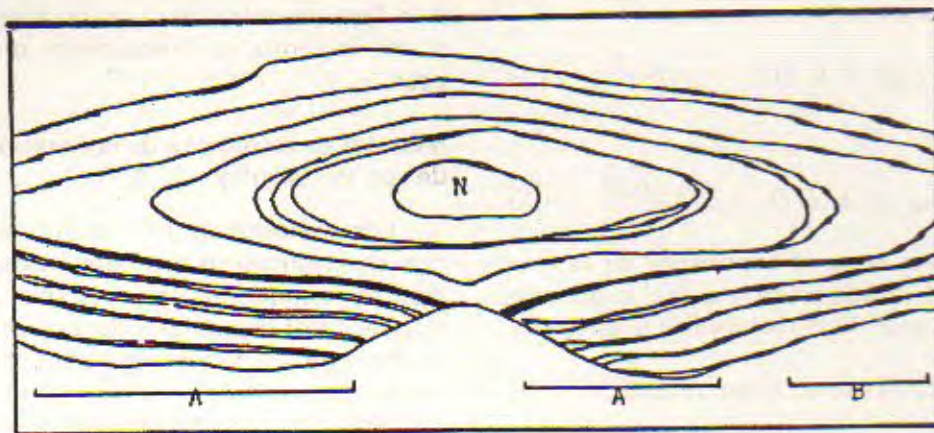


Fig. 4. Otolito cortado, pulido y quemado, en donde se indican las zonas de lectura distinta (A: se distinguen marcas de crecimiento y desove, B: ambas marcas están fusionadas en una sola).

$$l_t^{(b-a)} = L_{\infty}^{(b-a)} (1 - \exp(-k(t - t_0))) \quad (8)$$

Se observa que si $b - a = 1$, entonces la ecuación (8) se reduce a la curva de von Bertalanffy (ecuación 4). Esto indica que dicha ecuación es una particularización del modelo propuesto. Si $b = a$, entonces se obtiene una ecuación que describe un crecimiento exponencial:

$$l_t = l_0 \exp(E \cdot k) t \quad (9)$$

donde l_0 es la longitud inicial y $E = H.p/b.q$. Taylor (1958) propone además un nuevo parámetro denominado esperanza de vida que define como el tiempo requerido para que un organismo alcance el 95% de su talla final. Su expresión es:

$$A_{0.95} = (2,996/k') + t_0 \quad (10)$$

donde $k' = k(b-a)$

Con posterioridad Pauly (1979) realizó un análisis más detallado de las implicancias metabólicas del crecimiento, obteniendo expresiones para el crecimiento tanto en peso como en largo. Para ello escribió la ecuación (1') más correctamente como:

$$dw/dt = H \cdot w^d - k \cdot w \quad (11)$$

donde d en el caso de la ecuación de von Bertalanffy es $2/3$ y su valor depende de los valores de los exponentes a y b de las expresiones (6) y (7).

A partir de la ecuación (10) y considerando

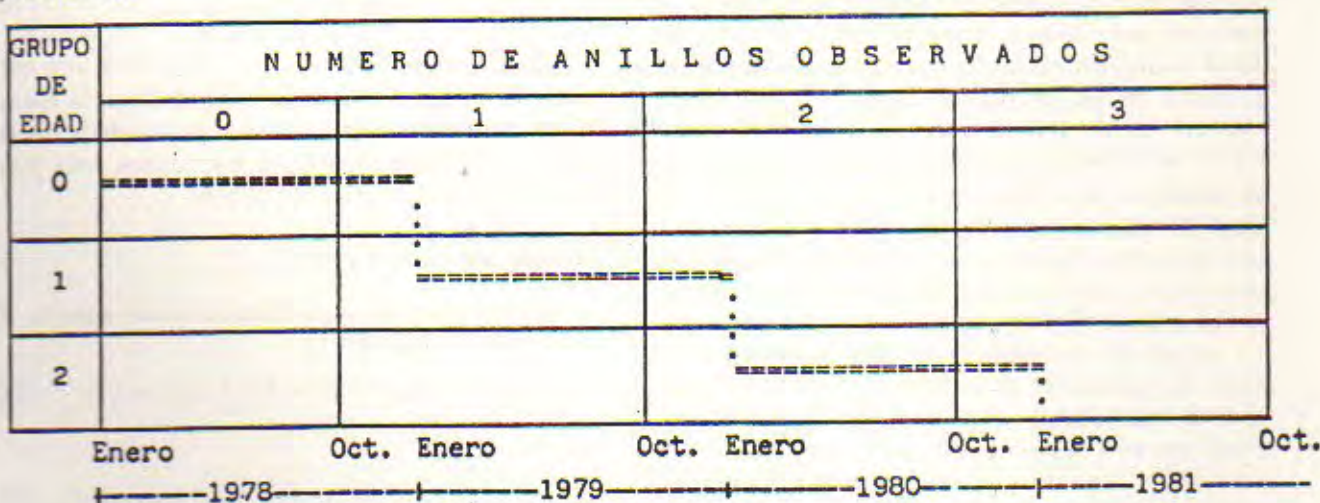


Fig. 5. Asignación del grupo de edad correspondiente a un pez capturado en noviembre de 1980 y que posee 3 anillos.

las relaciones expresadas por las ecuaciones (6) y (7) obtuvo para el crecimiento en peso:

$$W_t^D = W_\infty^D (1 - \exp(-3 \cdot k \cdot D (t - t_0)/b))^b \quad (12)$$

o bien

$$W_t = W_\infty (1 - \exp(-3 \cdot k \cdot D (t - t_0)/b))^{b/D} \quad (12')$$

donde $D = b-a$, b es el exponente de la relación largo-peso (ecuación 6) y a es el exponente de la relación superficie metabólica-largo (ecuación 7).

Para el crecimiento en largo obtuvo:

$$l_t^D = L_\infty^D (1 - \exp(-k \cdot D (t - t_0))) \quad (13)$$

o bien

$$l_t = L_\infty (1 - \exp(-k \cdot D (t - t_0)))^{1/D} \quad (13')$$

Se debe notar que todas estas versiones de la función generalizada de von Bertalanffy se reducen a las formas correspondientes de la función especial de von Bertalanffy (ecuaciones 4 y 5) cuando ambos, el peso corporal y las superficies limitantes del anabolismo crecen isométricamente con el largo (es decir que $a=2$ y $b=3$).

El uso de un valor de D distinto para cada stock aumenta la flexibilidad del modelo de von Bertalanffy además de hacer más fáciles de interpretar biológicamente las estimaciones de los parámetros L_∞ , W_∞ y k (Pauly, 1979). Por ejemplo las estimaciones de talla asíntótica corresponden a la talla del ejemplar más grande obtenido de un stock dado.

c) Una tercer objeción fue hecha por Ursin (1967) y más tarde por Rafail (1971), quienes objetan que el catabolismo sea proporcional al peso del pez, ya que el mismo requiere también de la provisión de oxígeno, que es introducido a través de las branquias. Según Pauly (1981) esta crítica se debe a que von Bertalanffy omitió en su trabajo el hecho de que el metabolismo se divide en dos fases: la fase preoxidativa en la cual las reacciones son suavemente exergónicas y no requieren oxígeno, las proteínas pierden su estructura cuaternaria y terciaria siendo hidrolizadas a sus aminoácidos componentes sin requerir el uso de oxígeno, y la fase oxidativa en la cual las reacciones se caracterizan por ser fuertemente exergónicas y requerir oxígeno, los aminoácidos son descompuestos en agua, dióxido de carbono y amonio y el ATP obtenido puede ser usado para la síntesis de nuevas proteínas como así también para satisfacer otras demandas energéticas.

En base a esto Pauly sostiene que al hablar

de catabolismo von Bertalanffy se refiere sólo a la fase preoxidativa, que no necesita oxígeno y por lo tanto, es directamente proporcional al peso.

Métodos de resolución de la ecuación de von Bertalanffy

Los métodos de estimación de los parámetros de crecimiento son numerosos. A continuación se expondrán aquéllos que responden al tipo de datos disponibles para la merluza común, es decir provienen del muestreo de desembarco y están regularmente espaciados (a intervalos de un año). Por consiguiente no se consideran los métodos aplicables a datos de marcado y recaptura (Gulland y Holt, 1961) ni aquéllos usados para ajustar datos separados por intervalos de tiempo desiguales (Gulland y Holt, 1959).

Método de Gulland

Los valores de L_∞ y k se obtienen a partir de una recta de regresión de l_{t+1} versus l_t .

$$l_{t+1} - l_t = \Delta l_t$$

$$\Delta l_t = L_\infty (1 - \exp(-k)) + (\exp(-k) - 1) l_t \quad (14)$$

$$\text{donde } a = L_\infty (1 - \exp(-K)), \text{ y} \quad (15)$$

$$b = (\exp(-k) - 1) \quad (16)$$

$$\text{por lo tanto } k = -\ln(b + 1), \text{ y} \quad (17)$$

$$L_\infty = -a/b \quad (18)$$

Para la estimación del t_0 el mismo se despeja de la ecuación (14) y se obtiene:

$$t_0 = t_i + (1/k) \ln((L_\infty - l_t)/L_\infty) \quad (19)$$

Cada par de valores t_i , l_t nos dará una estimación de t_0 . Gulland aconseja tomar la media t_0 de las estimaciones obtenidas a partir de los puntos correspondientes a las edades más jóvenes totalmente reclutadas al arte.

Método de Ford-Walford

Los valores de L_∞ y k se obtienen a partir de una recta de l_{t+1} en l_t .

$$l_{t+1} = L_\infty (1 - \exp(-k)) + \exp(-k) l_t \quad (20)$$

donde

$$a = L_\infty (1 - \exp(-k)) \text{ ó } L_\infty = a/(1 - \exp(-k)), \quad (21)$$

$$\text{y } b = \exp(-k) \text{ ó } k = \ln(b) \quad (22)$$

Para la estimación de t_0 se puede usar la ecuación (19).

Método de Bayley

Según Bayley (1977) la ecuación de von Bertalanffy se puede escribir en forma diferencial como:

$$dl/dt = k(L_{\infty} - l) \quad (23)$$

La tasa instantánea de crecimiento G se puede escribir como:

$$G = d(\ln(w))/dt$$

dado que $w = a \cdot l$, la ecuación anterior se puede escribir como:

$$G = b \cdot d(\ln(l))/dt = (b/l) \cdot dl/dt \quad (24)$$

Para el rango de longitudes o edades al cual se aplica el modelo de von Bertalanffy, G se puede expresar en términos de k , L y l , sustituyendo (23) en (24).

$$G = b \cdot K((L_{\infty}/l_t) - 1) \quad (25)$$

Por lo tanto se puede graficar G versus la recíproca de la longitud.

La ecuación (25) es una recta de pendiente $b \cdot k \cdot L_{\infty}$ la intersección con el eje G es $-b \cdot k$, y con el eje $1/l_t$ es $1/L_{\infty}$.

El estimador de k se obtiene como:

$$\hat{k} = \hat{b} \cdot \hat{k}/\hat{b}$$

La intersección $b \cdot k$ se obtiene de la regresión de G en $1/l$ y b de la regresión largo-peso, por consiguiente $b \cdot k$ y b se pueden asumir como independientes.

El t_0 puede ser estimado usando la ecuación (19).

Método de Pauly

El método de Pauly (Gaschütz *et al.*, 1980) permite ajustar curvas de crecimiento del tipo de von Bertalanffy a cualquier juego de datos peso-edad o largo-edad. Los datos pueden ser pesados por tamaño de muestra, no necesitan estar espaciados a intervalos regulares y se puede utilizar un valor forzado de L_{∞} . Permite ajustar tanto la versión especial de la curva de von Bertalanffy como la generalizada.

Este método calcula el valor de $D = (b-a)$ (que está incorporado en la versión generalizada del modelo de von Bertalanffy), a partir del largo máximo observado de la especie para un stock dado como:

$$D = 3(1 - (0,6742 + 0,03574 \cdot \log(W_{max}))) \quad (26)$$

donde W_{max} es el peso máximo encontrado en los peces de un determinado stock.

Para realizar el ajuste la ecuación (13) se reescribe como:

$$\ln(1 - L_t^D / L_{\infty}^D) = k \cdot D \cdot t_0 - k \cdot D \cdot t \quad (27)$$

que tiene la forma de una regresión lineal $y = a + b \cdot x$.

donde $y = \ln(1 - (L_t^D / L_{\infty}^D))$

con: $x = t$, $a = k \cdot D \cdot t_0$ y $b = -k \cdot D$

De esta forma dados L_{∞} ó W_{∞} y D se pueden estimar k y t_0 a partir de un grupo de datos largo-edad o peso-edad de la siguiente manera:

$$k = -b/D \quad \text{y} \quad t_0 = -a/b.$$

Estos resultados obtenidos pueden ser mejorados usando diferentes valores de L_{∞} ó W_{∞} hasta encontrar aquél que mejor linealiza la regresión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la medición de longitud, expandidos a la captura anual, para el año 1983 se presentan en la Figura 6. Se observa que la mayor abundancia corresponde a peces con tallas que van de 38 a 43 cm. En dicho intervalo de tallas fueron más abundantes los machos que las hembras, invirtiéndose esto para las clases de largo mayores de 44 cm. La clase de largo totalmente representada en los desembarcos fue de 40 cm para los machos y 43 cm para las hembras. La longitud máxima observada fue de 86 cm para las hembras y 53 cm para los machos.

La relación largo-peso de machos, hembras y total para el año 1983 se observa en la Figura 7. Los intervalos de confianza para cada una de las pendientes se presentan en la Tabla 1. Como se puede observar el exponente es significativamente distinto de tres tanto para hembras, machos y total. Esto indica que la merluza posee un crecimiento alométrico del peso corporal con respecto al largo y esta alometría es mayor en los machos.

A partir de los datos largo-edad obtenidos se construyeron las claves largo-edad para machos, hembras y total (Tablas 2, 3 y 4, respectivamente). En las mismas se puede observar la escasa representatividad de las clases de largo menores de 31 cm debido a la selectividad del arte de pesca. También se destaca la baja representatividad de las clases de largo mayores de 46 cm para machos y mayores de 56 cm para hembras, debido a la disminución del número de individuos en

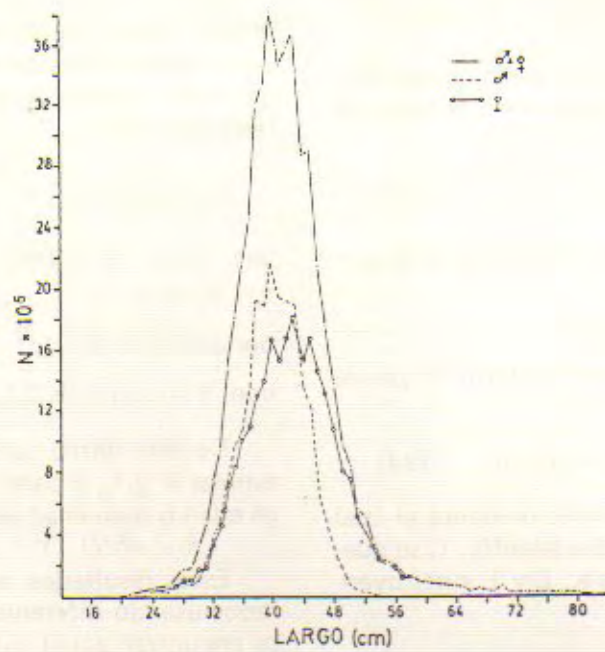


Fig. 6. Distribución de tallas del muestreo de desembarque expandida a las capturas del año 1983 para la merluza común.

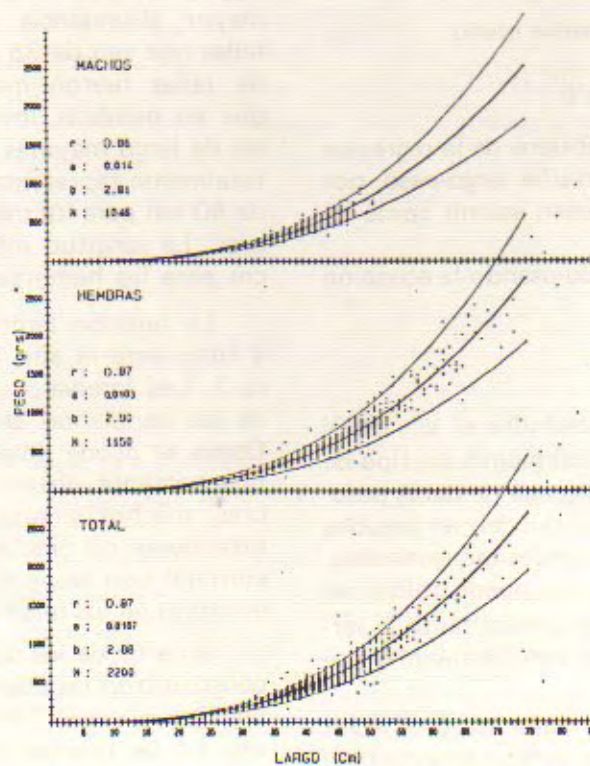


Fig. 7. Relación largo-peso de la merluza común, obtenida a partir de los muestreos de desembarque del año 1983.

Tabla 1. Intervalos de confianza para el exponente de la relación largo-peso.

SEXO	b	I.C.	α
♂	2,805	2,951; 3,049	0,05
♀	2,897	2,961; 3,039	0,05
♂+♀	2,882	2,853; 2,911	0,05

Tabla 2. Clave largo-edad (machos).

LARGO	EDAD													TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
24	2	1												3
25	1	3												4
26		3	1											4
27		4												4
28	2	4	1											7
29	1	3	4											8
30		1	5	2										8
31		2	8	3										13
32		4	11	8										23
33		8	14	14										36
34		1	12	18	1									32
35		2	19	19	1									41
36			15	22	3									40
37		2	18	20	2									42
38			18	18	5									41
39			18	18	4									40
40			12	18	7	2	1							40
41			15	20	2	2		1						40
42			2	15	11	8	4							40
43			3	17	11	7	3	1						42
44			2	6	13	11	7	2						41
45			1	8	12	16	5	3	1					46
46					5	4	11	9	2	1				32
47				1	3	3	3	4	1					15
48					4		3	2	2					11
49						1				1				2
50						1	2	1						4
51									1	1				2
52									1					1
TOTAL	6	38	179	227	84	55	39	23	8	3				662

la población por efecto de la mortalidad y de la estratificación de las tallas con la profundidad, lo que disminuye la accesibilidad de esta parte del stock a la flota pesquera.

Los largos medios por edad y los incrementos entre los largos medios de dos clases sucesivas se presentan en la Tabla 5. Dado que la clase totalmente representada en los desembarques es de 40 cm para los machos, los largos medios de las edades 1, 2, 3 y 4 inclusive están sesgados hacia valores mayores al real. Esto explica la ausencia de decrecimiento en los incrementos de largo

en los intervalos de edades correspondientes a dichas edades. Los largos medios de las edades mayores podrían ser subestimaciones de los reales, debido al escaso número de individuos con tallas grandes presentes en las capturas. Entre las edades 4 y 8 se observa una marcada tendencia al decrecimiento de los incrementos de tallas con la edad. En las hembras el largo totalmente representado en los desembarcos es de 43 cm estando los largos medios de las edades 1 a 4, y también probablemente la 5, sesgados hacia valores mayores que los reales, produciendo el mis-

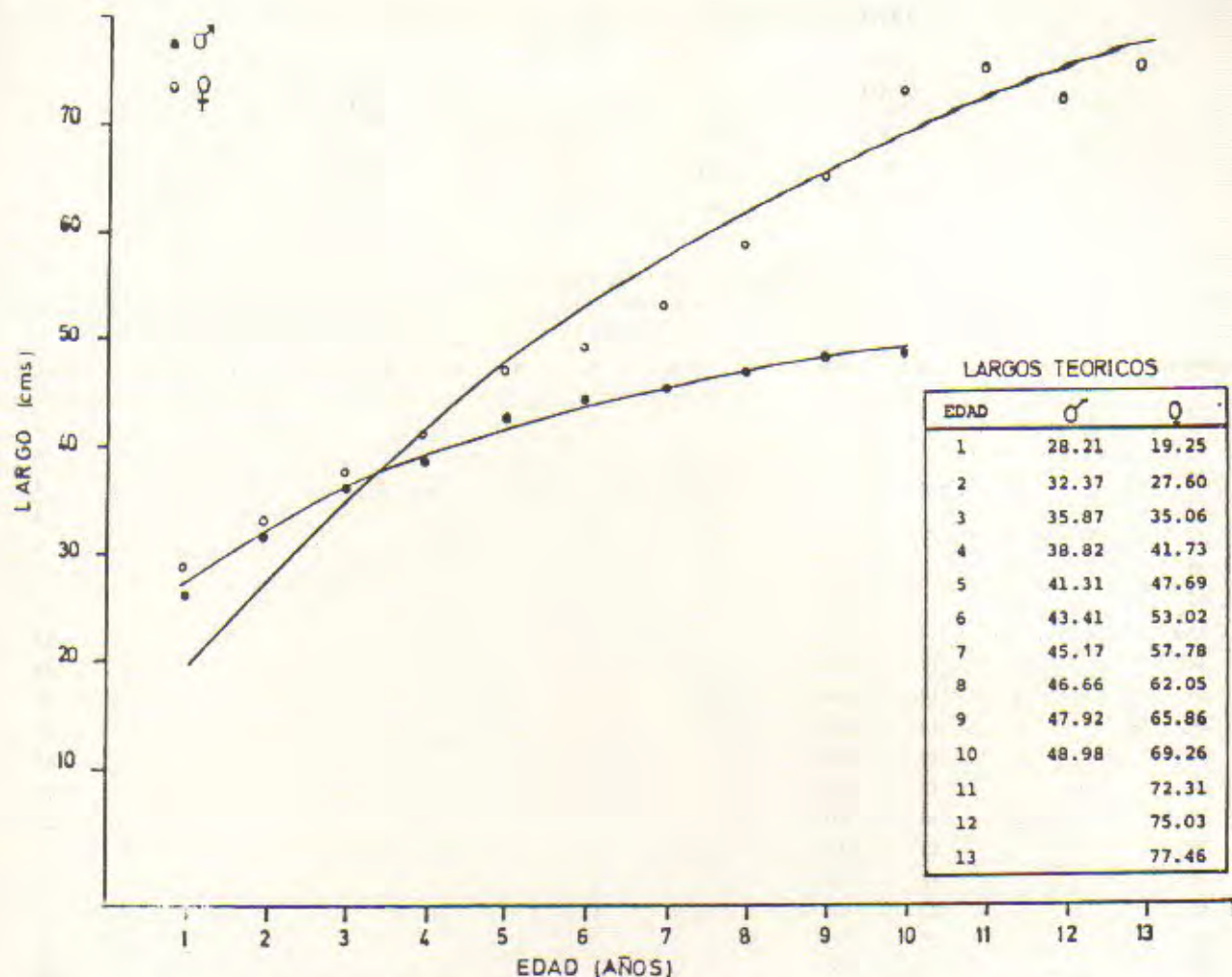


Fig. 8. Curva de crecimiento de la merluza común (modelo especial de von Bertalanffy).

mo efecto que en los machos. En las edades intermedias no se observa una tendencia de decrecimiento de los incrementos de talla debido probablemente a que en dicho período la disminución de la tasa de crecimiento es muy pequeña. Esto, junto con los sesgos que se pueden introducir en el muestreo y en la lectura de otolitos haría que los datos empíricos no indiquen una tendencia de disminución en los incrementos de tallas de las hembras hasta después de los 10 años. Este fenómeno se observa también en otras especies de merluza como se desprende de los datos presentados para *Merluccius capensis* por Kolender (1975) y Prenske (1984), e incluso en otros gádidos como el bacalao del banco George (Pentilla y Gifford, 1976).

La resolución de la ecuación de von Bertalanffy se realizó utilizando los métodos de Ford-Walford, Gulland, Bayley y Pauly (Tablas 6 y 7).

La resolución de las ecuaciones se realizó probando con distintos intervalos de edad. La elección del intervalo a partir del cual se eligen las estimaciones de los parámetros se realizó con-

siderando el L_{∞} (se espera que el mismo se acerque a la talla máxima observada) como aconseja Pauly (1981), y luego la bondad del ajuste obtenido.

Para los machos se puede observar que en todos los casos la eliminación de las edades menores a 4 años hace disminuir el L_{∞} a valores muy alejados de la talla máxima observada. Por otra parte, el método que arroja resultados de L_{∞} más lógicos es el de Pauly que además es el que presenta los porcentajes de variación explicada (R^2) más altos. El método de Ford-Walford da resultados semejantes, mientras que los restantes (Gulland y Bayley) dan valores de L_{∞} y R^2 muy bajos. Por consiguiente, para representar el crecimiento de los machos (Fig. 8) se eligió el intervalo de edades 3 a 10 y el método de Pauly, tal que:

$$l_t = 54,65 (1 - \exp(-0,171(t + 3,247)))$$

En el caso de las hembras se presentaron más dificultades para la estimación de los parámetros.