

ESTIMACION MENSUAL DE LA BIOMASA, RECLUTAMIENTO Y MORTALIDAD POR PESCA DE LA ANCHOVETA (*ENGRAULIS RINGENS*) DE LA ZONA NORTE DE CHILE EN EL PERIODO 1986-1989

ESTIMATES OF MONTHLY BIOMASS, RECRUITMENT AND FISHING MORTALITY OF ANCHOVETA (*ENGRAULIS RINGENS*) OFF NORTHERN CHILE IN THE PERIOD 1986-1989

Luis Cubillos ¹

RESUMEN

Se estima mensualmente la biomasa, el reclutamiento y la mortalidad por pesca de la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona norte de Chile (18°21'S-24°00'S), en el período 1986-1989, mediante el Análisis de Población Virtual estructurado para datos de frecuencia de longitud.

La serie de tiempo del reclutamiento considera a peces de 7,25 cm de longitud total, aproximadamente de 7 meses de edad. Las relaciones de stock-reclutamiento del tipo Ricker ajustadas, señalan un fuerte efecto denso-dependiente. Además, se demuestra el impacto sobre el reclutamiento del evento El Niño de 1987.

Palabras claves: Dinámica de Poblaciones, pesquería pelágica, frecuencias de longitud.

ABSTRACT

A length-structured version of Virtual Population Analysis was used to estimate, on a monthly basis, the biomass, recruitment, and fishing mortality of anchoveta (*Engraulis ringens*) off Northern Chile for the period 1986 to 1989.

The recruitment is considered as the number of fishes of 7.25 cm of total length, of about 7 month-old. The stock-recruitment relationships type Ricker curve fitted to the data showed a strong denso-dependent effect. The impact of the 1987 El Niño event on the recruitment is also demonstrated.

Key words: Populations dynamics, pelagic fishery, length-frequency.

INTRODUCCION

El recurso anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns, 1946) se caracteriza por exhibir cambios bruscos en su distribución, biomasa disponible y, especialmente, en el reclutamiento (Pauly *et al.*,

1989). Por esta razón, las estimaciones mensuales de los principales parámetros poblacionales y la conformación de series cronológicas constituyen una herramienta valiosa para el estudio de la dinámica poblacional de la anchoveta. Esto ha sido implementado para la pesquería

¹Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile.

Dirección actual: Instituto de Investigación Pesquera, Octava Región S.A., Casilla 350, Talcahuano, Chile.

del norte y centro del Perú, con la finalidad de desarrollar modelos predictivos que permitan administrar a la pesquería en un contexto que considera los componentes y variables más significativas del ecosistema (Pauly & Tsukayama, 1987; Pauly *et al.*, 1989).

En el presente trabajo se analiza la evolución mensual de la biomasa, reclutamiento y mortalidad por pesca de la anchoveta de la zona norte de Chile, durante el período 1986 a 1989. Se estima los parámetros de crecimiento en longitud, y se analiza la relación stock-reclutamiento.

MATERIALES Y METODOS

Los datos básicos utilizados dicen relación con la información mensual de capturas y frecuencias de longitud de anchoveta, en el período 1986-1990. Estos datos fueron obtenidos del "Sistema Dinámico de Información Pesquera", del Instituto de Fomento Pesquero y de las industrias pesqueras del norte de Chile y de los muestreos propios realizados para el desarrollo de este trabajo durante 1990. Los datos de frecuencias de longitud originalmente agrupados en clases de 0,5 cm de longitud total (LT), fueron reagrupados en clases de 1 cm de LT, obteniéndose un número adecuado de clases para procesar la información con los programas ELEFAN (Tablas 1 a 5). La información de frecuencia de tallas sólo se refiere a muestras del desembarque en Iquique; sin embargo, se asume que ésta es representativa de las capturas realizadas en toda la zona norte (18°21'S - 24°00'S).

La composición por longitudes se expandió a las capturas totales, según los procedimientos descritos por Pauly *et al.* (1987), utilizando la siguiente relación longitud-peso para todo el período de estudio:

$$PT = 0,006963 LT^3 \quad (1)$$

donde PT es el peso total en gramos y LT es la longitud total en centímetros. Esta relación se obtuvo a partir del muestreo de los desembarques realizados en 1990 en Iquique.

La metodología utilizada en el presente trabajo se encuentra incluida en el programa ELEFAN III y es descrita en detalle por Pauly &

Tsukayama (1983), Pauly *et al.* (1987) y Pauly & Palomares (1989). En el programa se distinguen tres rutinas de Análisis de Población Virtual (APV). La rutina utilizada corresponde al APV III, que ejecuta estimaciones poblacionales sobre "cohortes" obtenidas por superposición de curvas de crecimiento, delineadas en intervalos mensuales, en un set de datos de captura por clase de longitud. Para ello, la captura perteneciente a cada "cohorte" y mes, es básicamente aquella fracción de la captura mensual contenida entre dos curvas de crecimiento adyacentes.

La curva de crecimiento utilizada es la versión de la función de crecimiento de von Bertalanffy con oscilación estacional (Pauly & Gaschütz, 1979), que se expresa como:

$$L_t = L_\infty [1 - \exp\{-K(t-t_0) - (KC/2\pi)\text{SEN}(2\pi(t-t_s))\}] \quad (2)$$

donde L_t es la longitud a la edad t , L_∞ es la longitud asintótica, K es la constante de crecimiento, t_0 es la edad teórica en la cual la longitud es cero, C es una constante adimensional que expresa la amplitud de la oscilación del crecimiento, y t_s es el tiempo (con respecto a $t=0$) en el comienzo de una oscilación de crecimiento del período de un año. Para propósitos prácticos, la estimación de t_s se reemplaza por la estimación de un punto de invierno (WP), definido como:

$$WP = t_s + 0,5 \quad (3)$$

Para estimar los parámetros de la ecuación (2) se utilizó el programa ELEFAN I, estimándolos por separado para cada año considerado. Posteriormente se obtuvo el promedio de cada parámetro, empleándolos en la rutina del APV III. Se indica que el APV III requiere de un set de datos completos, razón por la cual para los meses sin información de frecuencia de tallas (Tablas 1 a 5), se interpoló linealmente entre meses adyacentes según Pauly *et al.* (1987).

Los estimados del número de ejemplares en el mar, obtenidos por el APV III, fueron reagrupados mensualmente en intervalos de clases regulares. El número de individuos de la clase de longitud más pequeña (6,75 a 7,75 cm de LT), se definen en este estudio como reclutas; esto es,

Tabla 1. Composición mensual por clases de longitud (%) y capturas de anchoveta, 1986.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|-----|-------|-------|--------|--------|--------|
| 7,25 | | | | | | | | | | | | |
| 8,25 | | 0,16 | | | | | | | | | | |
| 9,25 | | 3,78 | 2,09 | 0,14 | 1,17 | 0,10 | | | | | | |
| 10,25 | | 13,32 | 12,43 | 9,10 | 8,08 | 0,34 | | | | | 0,10 | |
| 11,25 | | 22,37 | 23,11 | 18,12 | 10,07 | 2,58 | | 1,07 | 0,20 | 0,10 | 0,18 | |
| 12,25 | | 14,31 | 15,27 | 16,84 | 11,48 | 4,73 | | 2,81 | 1,21 | 0,19 | 0,21 | |
| 13,25 | | 10,03 | 9,63 | 11,30 | 9,84 | 4,21 | | 8,57 | 3,31 | 1,60 | 2,19 | 1,94 |
| 14,25 | | 9,70 | 8,77 | 9,59 | 14,31 | 7,65 | | 9,30 | 3,85 | 7,59 | 11,23 | 17,09 |
| 15,25 | | 2,80 | 3,58 | 6,04 | 6,67 | 10,57 | | 6,47 | 2,97 | 7,82 | 17,14 | 22,31 |
| 16,25 | | 8,06 | 5,75 | 5,26 | 5,56 | 9,11 | | 6,10 | 6,61 | 6,68 | 11,69 | 12,63 |
| 17,25 | | 13,49 | 16,42 | 16,20 | 23,74 | 43,56 | | 47,58 | 60,39 | 50,13 | 38,67 | 32,66 |
| 18,25 | | 1,97 | 2,95 | 7,25 | 8,93 | 16,75 | | 18,02 | 21,25 | 25,64 | 18,31 | 13,22 |
| 19,25 | | | | 0,14 | 0,15 | 0,43 | | 0,10 | 0,20 | 0,31 | 0,28 | 0,16 |
| 20,25 | | | | | | | | | | | | |
| Captura (ton) | | 21393 | 33649 | 63980 | 131356 | 126556 | | 94273 | 61601 | 422013 | 276283 | 119522 |

Tabla 2. Composición mensual por clases de longitud (%) y capturas de anchoveta, 1987.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------------|-------|-------|-------|-----|------|-------|-----|------|-----|-----|-----|-------|
| 7,25 | | | | | | | | | | | | 0,04 |
| 8,25 | | | | | | | | | | | | 0,77 |
| 9,25 | | | | | | | | | | | | 2,10 |
| 10,25 | | | | | | | | | | | | 13,48 |
| 11,25 | 0,04 | | | | | | | | | | | 25,89 |
| 12,25 | 0,13 | | | | | | | | | | | 32,04 |
| 13,25 | 2,32 | | 1,01 | | | 0,57 | | | | | | 16,43 |
| 14,25 | 8,15 | 1,34 | 6,78 | | | 17,71 | | | | | | 0,81 |
| 15,25 | 14,03 | 13,09 | 9,80 | | | 31,43 | | | | | | 0,55 |
| 16,25 | 11,28 | 33,22 | 11,64 | | | 18,29 | | | | | | 2,54 |
| 17,25 | 36,89 | 34,56 | 32,75 | | | 17,71 | | | | | | 3,20 |
| 18,25 | 26,68 | 17,45 | 36,60 | | | 13,71 | | | | | | 1,99 |
| 19,25 | 0,47 | 0,34 | 1,42 | | | 0,57 | | | | | | 0,15 |
| 20,25 | | | | | | | | | | | | |
| CAPTURA (ton) | 95055 | 54659 | 11986 | 875 | 3775 | 2294 | 21 | 1216 | 7 | | 62 | 34877 |

Tabla 3. Composición mensual por clases de longitud (%) y capturas de anchoveta, 1988.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------|--------|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 7,25 | | | | 0,05 | | | | | | | | 0,07 |
| 8,25 | 1,70 | | | 0,26 | | | | | | | 1,50 | 0,80 |
| 9,25 | 16,99 | | | 0,70 | | | | | | | 10,88 | 5,11 |
| 10,25 | 29,94 | | | 0,30 | | | | | | | 18,21 | 9,76 |
| 11,25 | 22,28 | | | 1,06 | 0,76 | | | | | | 10,70 | 10,29 |
| 12,25 | 14,01 | | | 4,97 | 4,96 | 0,06 | 0,02 | | | | 2,74 | 26,49 |
| 13,25 | 11,23 | | | 15,07 | 24,03 | 3,48 | 0,53 | | 0,18 | 1,67 | 1,33 | 26,69 |
| 14,25 | 0,53 | | | 37,96 | 39,41 | 29,17 | 5,34 | 0,35 | 0,68 | 4,72 | 0,97 | 11,75 |
| 15,25 | 0,22 | | | 34,91 | 26,39 | 47,95 | 40,26 | 15,28 | 27,74 | 9,74 | 3,36 | 2,59 |
| 16,25 | 1,28 | | | 3,43 | 4,12 | 18,91 | 49,21 | 58,68 | 64,58 | 58,40 | 29,71 | 1,59 |
| 17,25 | 1,17 | | | 1,01 | 0,34 | 0,37 | 4,30 | 23,26 | 6,46 | 24,61 | 19,63 | 4,45 |
| 18,25 | 0,58 | | | 0,24 | | 0,06 | 0,26 | 2,43 | 0,31 | 0,86 | 0,88 | 0,33 |
| 19,25 | 0,06 | | | 0,03 | | | 0,07 | | 0,06 | | 0,09 | 0,07 |
| 20,25 | | | | | | | | | | | | |
| Captura | | | | | | | | | | | | |
| (ton) | 121119 | 108 | 16 173285 | 34135 | 20455 | 111385 | 1567 | 109291 | 138854 | 49719 | 51124 | |

Tabla 4. Composición mensual por clases de longitud (%) y capturas de anchoveta, 1989.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 7,25 | | | | | | | | | | | | |
| 8,25 | 0,17 | | | | | | | | | | | 2,31 |
| 9,25 | 2,68 | | | | | | 0,75 | | | | 0,11 | 20,28 |
| 10,25 | 9,32 | 0,58 | | | | | 2,25 | | | 0,03 | 1,01 | 37,99 |
| 11,25 | 20,36 | 14,36 | | | | | 0,75 | | | 0,08 | 4,37 | 14,43 |
| 12,25 | 29,36 | 30,90 | 3,47 | 0,69 | 0,18 | | 0,33 | | | 0,38 | 10,65 | 9,76 |
| 13,25 | 26,35 | 29,34 | 23,22 | 7,81 | 1,76 | 0,08 | 0,14 | | | 1,65 | 17,94 | 4,79 |
| 14,25 | 9,06 | 17,28 | 31,20 | 29,31 | 18,07 | 2,62 | 1,40 | | 0,12 | 4,06 | 9,42 | 3,11 |
| 15,25 | 1,26 | 3,67 | 28,08 | 33,15 | 43,72 | 24,69 | 12,64 | | 2,35 | 2,38 | 7,96 | 4,35 |
| 16,25 | 0,60 | 1,70 | 9,01 | 19,18 | 24,80 | 41,10 | 37,27 | 27,42 | 39,60 | 19,46 | 9,87 | 1,20 |
| 17,25 | 0,79 | 1,80 | 3,81 | 7,76 | 9,10 | 29,24 | 40,64 | 64,52 | 54,29 | 60,18 | 30,04 | 1,33 |
| 18,25 | 0,07 | 0,37 | 1,21 | 2,11 | 1,76 | 2,24 | 3,84 | 8,06 | 3,64 | 11,72 | 8,30 | 0,44 |
| 19,25 | | | | | | 0,02 | | | | 0,08 | 0,34 | |
| 20,25 | | | | | | | | | | | | |
| Captura | | | | | | | | | | | | |
| (ton) | 68839 | 93632 | 72497 | 205125 | 35876 | 274469 | 138835 | 3670 | 7773 | 273482 | 62249 | 100761 |

Tabla 5. Composición por clases de longitud (%) y capturas de anchoveta, 1990.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL |
|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 7,25 | 0,74 | | 0,02 | | | | |
| 8,25 | 7,60 | 0,20 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | | |
| 9,25 | 23,64 | 2,35 | 1,04 | 0,66 | 0,03 | | |
| 10,25 | 34,38 | 17,38 | 4,14 | 2,13 | 1,12 | | |
| 11,25 | 16,90 | 27,97 | 16,08 | 6,70 | 9,33 | | 0,10 |
| 12,25 | 6,20 | 19,50 | 23,20 | 11,99 | 13,82 | 0,19 | 2,19 |
| 13,25 | 0,45 | 6,04 | 18,73 | 16,03 | 7,87 | 7,29 | 33,33 |
| 14,25 | 0,45 | 0,98 | 9,86 | 16,85 | 9,14 | 29,52 | 45,42 |
| 15,25 | 1,40 | 1,37 | 6,51 | 14,51 | 19,78 | 28,99 | 14,27 |
| 16,25 | 2,27 | 3,69 | 3,50 | 7,88 | 16,31 | 20,13 | 2,81 |
| 17,25 | 3,97 | 12,55 | 10,10 | 13,23 | 14,31 | 8,76 | 0,73 |
| 18,25 | 1,90 | 7,81 | 6,22 | 9,56 | 7,93 | 4,82 | 1,04 |
| 19,25 | 0,08 | 0,16 | 0,53 | 0,43 | 0,33 | 0,25 | 0,10 |
| 20,25 | | | | | | 0,05 | |
| Captura (ton) | 7739 | 9710 | 124243 | 58501 | 44347 | 32592 | 12600 |

peces con longitud total promedio de 7,25 cm, los cuales tienen aproximadamente 7 meses de edad.

Posteriormente, para obtener la biomasa mensual por clase de longitud, el número de ejemplares por clase de longitud y por mes se multiplicó por el peso promedio, calculado a partir de la ecuación (1). La biomasa total (juveniles y adultos) se considera como la suma de la biomasa de peces de 7,25 cm de LT y más. Se considera como fracción adulta a la suma de la biomasa de peces de 13,25 cm de LT y más. La talla de 13,25 cm de LT representa la edad en que se expresa el máximo de biomasa de una cohorte inexplorada; esta fracción sostiene con mayor importancia las capturas totales.

La mortalidad por pesca (F) fue estimada para cada mes (i), a través de la siguiente expresión:

$$F_i = \text{Captura del mes } i / \text{Biomasa de 13,25 cm de LT y más en el mes } i.$$

El APV III se aplicó utilizando una mortalidad por pesca terminal (Ft) igual a la tasa de mortalidad natural (M), estimada mediante la ecuación empírica de Pauly (1980).

Finalmente, el modelo de stock-reclutamiento de Ricker (1975) se ajustó a las estimaciones mensuales del reclutamiento y a las de biomasa total y de adultos.

RESULTADOS

Crecimiento y mortalidad natural

La estimación de los parámetros de crecimiento, para cada año, se entrega en la Tabla 6. Como se puede observar, el coeficiente Rn, que mide el "grado de ajuste", alcanza valores por sobre 0,5 e indica que las estimaciones de los parámetros de crecimiento son satisfactorias. A modo de ejemplo, la Fig. 1 muestra una de las curvas de crecimiento ajustada a los datos de frecuencia de tallas del año 1988.

Por consiguiente, el crecimiento en longitud de la anchoveta de la zona norte de Chile puede ser descrito por los parámetros $L^\infty = 20,25$ cm de LT; $K = 0,875$ /año; $C = 0,285$ y $WP = 0,63$ de la versión del modelo de Von Bertalanffy con oscilación estacional de Pauly & Gaschütz (1979) (Tabla 6).

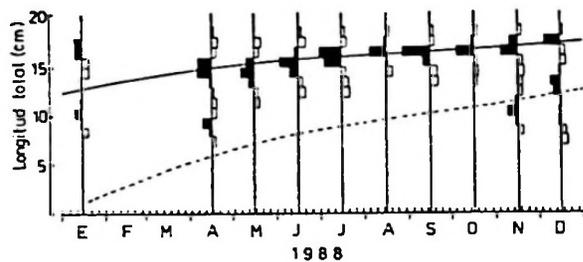


Figura 1. Curva de crecimiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona norte de Chile en 1988, obtenida con el programa ELEFAN I.

Los parámetros de crecimiento en longitud de la anchoveta indican que en el invierno la tasa de crecimiento se reduce en aproximadamente un 30% ($C = 0,285$). Además, se aprecia un rápido crecimiento en longitud, que viene dado por los valores de K entre 0,8 y 0,9 por año. A su vez, de acuerdo a Taylor (1958), el alto valor de K determina una longevidad máxima teórica de aproximadamente cuatro años para la anchoveta.

Tabla 6. Parámetros de crecimiento de la anchoveta, en el período 1986-1989, obtenidos con el programa ELEFAN I.

| Año | Loo (cm) | K (1/año) | WP | C | Rn |
|----------|-------------|--------------|-------|-------|-------|
| 1986 | 19,50 | 0,90 | 0,60 | 0,31 | 0,526 |
| 1987 | 20,50 | 0,80 | 0,62 | 0,27 | 0,792 |
| 1988 | 20,50 | 0,90 | 0,66 | 0,29 | 0,630 |
| 1989 | 20,50 | 0,90 | 0,64 | 0,27 | 0,505 |
| Promedio | 20,250 | 0,875 | 0,630 | 0,285 | |

Las características del crecimiento de la anchoveta: rápido crecimiento y corto ciclo de vida, determinan entonces una elevada tasa de mortalidad natural. En efecto, ésta se estimó en 1,2/año mediante la ecuación empírica de Pauly (1980), considerando para ello los parámetros de crecimiento promedios (Tabla 6), sin la componente estacional, y una temperatura promedio de 18°C. La tasa de mortalidad natural estimada, da cuenta de una sobrevivencia anual de un 30% y, en consecuencia, de una tasa anual de mortalidad de un 70%.

Reclutamiento, biomasa y mortalidad por pesca

La evolución mensual del reclutamiento, biomasa y de la mortalidad por pesca es mostrada en la Fig. 2 y en las Tablas 7 a 12. El reclutamiento, correspondiente a peces de 7,25 cm de LT, fue muy bajo durante casi todo el año 1986, pero se observa una recuperación progresiva desde comienzos de 1987 hasta mediados del mismo año; asimismo, a comienzos de 1988 se observa una brusca recuperación del reclutamiento, para posteriormente comenzar a declinar hasta fines de 1989 (Fig. 2a).

La biomasa poblacional, en cambio, fue alta a comienzos de 1986 y presentó posteriormente una disminución sostenida hasta fines de 1987. La biomasa se recupera bruscamente en 1988, manteniéndose alta en ese año, pero con una leve tendencia decreciente hasta fines de 1989 (Fig. 2b).

Las estimaciones de la mortalidad por pesca indican que ésta fue alta y concentrada entre fines de 1986 y comienzos de 1987, y prácticamente nula durante el segundo semestre de

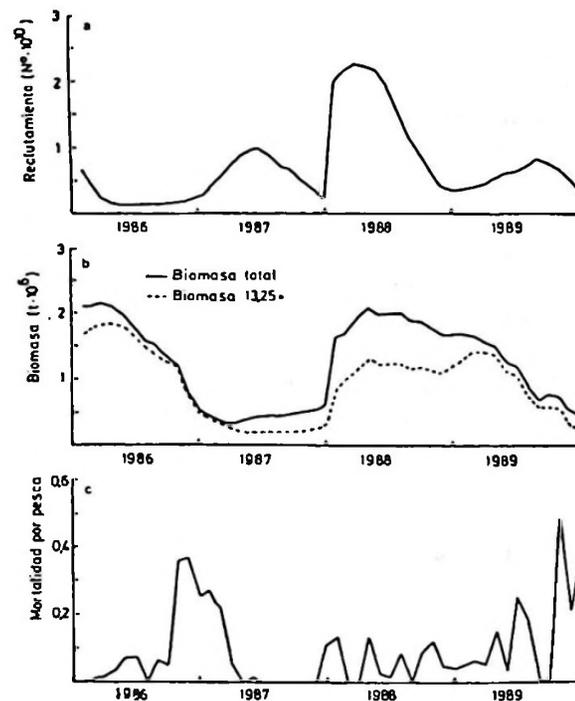


Figura 2. Parámetros poblacionales estimados para la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona norte de Chile, en el período 1986-1989: (a) Reclutamiento; (b) Biomasa total y de adultos; y (c) Mortalidad por pesca.

Tabla 7. Reclutamiento promedio anual y mensual de la anchoveta en la zona norte de Chile (en número x10⁶).

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1986 | 7,137 | 4,561 | 2,424 | 1,597 | 1,331 | 1,399 | 1,469 | 1,502 | 1,703 | 1,938 | 2,281 | 2,749 | 2,508 |
| 1987 | 3,551 | 5,626 | 7,415 | 8,743 | 9,781 | 9,943 | 8,852 | 7,370 | 6,508 | 4,957 | 3,620 | 1,917 | 6,524 |
| 1988 | 19,675 | 21,743 | 22,608 | 22,230 | 21,523 | 19,322 | 15,045 | 11,418 | 9,192 | 6,443 | 4,336 | 3,546 | 14,757 |
| 1989 | 3,633 | 3,949 | 4,329 | 5,178 | 6,063 | 6,434 | 7,180 | 8,372 | 7,982 | 6,891 | 5,280 | 3,060 | 5,696 |
| PROM. | 8,499 | 8,970 | 9,194 | 9,437 | 9,675 | 9,275 | 8,137 | 7,166 | 6,346 | 5,057 | 3,879 | 2,818 | 7,371 |

Tabla 8. Biomasa por clase de longitud y mes de la anchoveta (ton.); Zona norte de Chile, 1986.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| 7,25 | 19026 | 12160 | 6462 | 4259 | 3549 | 3731 | 3917 | 4003 | 4539 | 5167 | 6080 | 7328 |
| 8,25 | 30772 | 27445 | 15978 | 9185 | 6284 | 4974 | 5028 | 5245 | 5370 | 5970 | 7368 | 8883 |
| 9,25 | 48491 | 42761 | 38109 | 23099 | 13396 | 8961 | 7047 | 6485 | 6715 | 7143 | 7714 | 10044 |
| 10,25 | 70254 | 65624 | 57425 | 50680 | 35330 | 18169 | 13889 | 10557 | 8520 | 8273 | 9091 | 10071 |
| 11,25 | 101856 | 92745 | 85056 | 73945 | 62933 | 52635 | 35206 | 21084 | 16568 | 12298 | 10332 | 11271 |
| 12,25 | 162578 | 136236 | 118147 | 107005 | 92216 | 75465 | 66714 | 61924 | 43294 | 25076 | 18109 | 13381 |
| 13,25 | 228770 | 212662 | 183842 | 151345 | 129396 | 109298 | 96810 | 86629 | 75973 | 70679 | 46700 | 22936 |
| 14,25 | 330240 | 304756 | 272358 | 245098 | 207264 | 162463 | 135931 | 123730 | 109256 | 98122 | 76846 | 59352 |
| 15,25 | 377080 | 399835 | 392397 | 360241 | 318756 | 277663 | 237048 | 205796 | 170416 | 144207 | 108013 | 72693 |
| 16,25 | 337600 | 381015 | 422152 | 449542 | 445550 | 404697 | 355613 | 327014 | 283361 | 247042 | 158104 | 98000 |
| 17,25 | 257976 | 306195 | 347149 | 370562 | 389044 | 383741 | 357889 | 366024 | 343053 | 326446 | 191717 | 114908 |
| 18,25 | 130425 | 164916 | 192053 | 220600 | 237753 | 235857 | 222701 | 233334 | 222565 | 220616 | 128587 | 82706 |
| 19,25 | | | 17449 | 34569 | 46493 | 51836 | 52554 | 56702 | 55684 | 58491 | 34202 | 19733 |
| 20,25 | | | | | | | | | | | | |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| total | 2095068 | 2146350 | 2148577 | 2100130 | 1987964 | 1789490 | 1590347 | 1508527 | 1345314 | 1229530 | 802863 | 531306 |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| 13,25+ | 1662091 | 1769379 | 1827400 | 1831957 | 1774256 | 1625555 | 1458546 | 1399229 | 1260308 | 1165603 | 744169 | 470328 |

Tabla 9. Biomasa por clase de longitud y mes de la anchoveta (ton.); Zona norte de Chile, 1987.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 7,25 | 9467 | 15000 | 19769 | 23308 | 26076 | 26510 | 23601 | 19649 | 17352 | 13217 | 9650 | 5112 |
| 8,25 | 10818 | 14529 | 23148 | 28837 | 32913 | 36144 | 37194 | 35227 | 29679 | 25565 | 19480 | 13891 |
| 9,25 | 12526 | 15226 | 20426 | 31301 | 38394 | 42452 | 45587 | 47803 | 47935 | 42563 | 35980 | 27589 |
| 10,25 | 13255 | 16807 | 20391 | 26168 | 37043 | 47187 | 50322 | 54313 | 58157 | 61245 | 58826 | 48508 |
| 11,25 | 12876 | 16792 | 21136 | 25937 | 30424 | 36886 | 48046 | 57563 | 60579 | 67619 | 75992 | 79090 |
| 12,25 | 13824 | 15888 | 19906 | 24248 | 29177 | 31953 | 36539 | 40943 | 54009 | 67952 | 76372 | 89668 |
| 13,25 | 16526 | 15426 | 18371 | 21434 | 25707 | 29466 | 32490 | 35702 | 38800 | 44398 | 64275 | 86307 |
| 14,25 | 35537 | 19088 | 17540 | 19273 | 21729 | 23927 | 26508 | 28620 | 32842 | 36896 | 43105 | 54566 |
| 15,25 | 53268 | 46308 | 31995 | 19815 | 19661 | 20124 | 20943 | 22281 | 23897 | 25487 | 32312 | 40434 |
| 16,25 | 70674 | 53312 | 39920 | 45336 | 39401 | 33699 | 26883 | 20245 | 19258 | 20242 | 22276 | 26819 |
| 17,25 | 86168 | 59897 | 44571 | 41236 | 40963 | 39291 | 40084 | 42208 | 38404 | 34812 | 30501 | 25971 |
| 18,25 | 72173 | 55136 | 47012 | 44654 | 43701 | 41666 | 39968 | 38506 | 36973 | 36118 | 35927 | 37371 |
| 19,25 | 14496 | 9668 | 9503 | 11993 | 15942 | 18351 | 20123 | 21526 | 22705 | 24143 | 25900 | 27929 |
| 20,25 | | | | | 21 | 11 | 1 | 8 | | | | 80 |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| total | 421608 | 353077 | 333688 | 363540 | 401152 | 427667 | 448289 | 464594 | 480590 | 500257 | 530596 | 563335 |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| 13,25+ | 348842 | 258835 | 208912 | 203741 | 207125 | 206535 | 207000 | 209096 | 212879 | 222096 | 254296 | 299477 |

Tabla 10. Biomasa por clase de longitud y mes de la anchoveta (ton.); Zona norte de Chile, 1988.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 7,25 | 52454 | 57969 | 60277 | 59266 | 57383 | 51513 | 40110 | 30441 | 24505 | 17178 | 11559 | 9453 |
| 8,25 | 71470 | 77443 | 85652 | 87347 | 84995 | 81418 | 76392 | 64401 | 48742 | 37509 | 25433 | 16512 |
| 9,25 | 95247 | 95859 | 108419 | 118037 | 119393 | 115144 | 109930 | 104588 | 93650 | 72044 | 54287 | 35840 |
| 10,25 | 136716 | 113363 | 128306 | 142561 | 152257 | 155742 | 150236 | 143302 | 132122 | 129944 | 105965 | 72149 |
| 11,25 | 184570 | 155548 | 146111 | 162942 | 175475 | 183581 | 187983 | 187903 | 180971 | 174072 | 168294 | 147117 |
| 12,25 | 238060 | 206230 | 204010 | 185590 | 185932 | 197443 | 209034 | 211786 | 218953 | 222606 | 218857 | 211668 |
| 13,25 | 256758 | 265729 | 262335 | 254299 | 222835 | 207291 | 206735 | 219274 | 229112 | 240662 | 258881 | 269501 |
| 14,25 | 214092 | 257787 | 303134 | 323534 | 267452 | 254058 | 241985 | 221577 | 221020 | 227855 | 252669 | 284002 |
| 15,25 | 164152 | 199665 | 253547 | 306379 | 286732 | 290098 | 282686 | 240988 | 241402 | 217604 | 210092 | 240414 |
| 16,25 | 117624 | 138641 | 170678 | 206317 | 212942 | 233997 | 246282 | 225547 | 237033 | 208751 | 172395 | 181867 |
| 17,25 | 94888 | 101556 | 113491 | 127952 | 131232 | 142597 | 153389 | 143290 | 154610 | 144272 | 122738 | 131038 |
| 18,25 | 41883 | 53723 | 67797 | 79775 | 83646 | 89516 | 90847 | 84649 | 86903 | 81996 | 70270 | 71164 |
| 19,25 | | 1191 | 4265 | 8408 | 10913 | 13427 | 17536 | 19276 | 22665 | 24530 | 27794 | 30285 |
| 20,25 | | | | | | | | | | | | |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| total | 1667914 | 1724704 | 1908022 | 2062407 | 1991187 | 2015825 | 2014145 | 1897022 | 1891688 | 1799023 | 1699234 | 1701010 |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| 13,25+ | 889395 | 1018292 | 1175247 | 1306664 | 1215752 | 1230984 | 1239460 | 1154601 | 1192745 | 1145670 | 1114839 | 1208271 |

Tabla 11. Biomasa por clase de longitud y mes de la anchoveta (ton.); Zona norte de Chile, 1989.

| LT (cm) | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 7,25 | 9687 | 10529 | 11541 | 13804 | 16165 | 17153 | 19142 | 22320 | 21281 | 18371 | 14078 | 8158 |
| 8,25 | 13565 | 14395 | 15491 | 16791 | 19389 | 22239 | 23586 | 23675 | 28583 | 30339 | 26720 | 20183 |
| 9,25 | 22402 | 18529 | 20154 | 21388 | 22597 | 24540 | 27452 | 29578 | 30956 | 35385 | 41670 | 37352 |
| 10,25 | 48583 | 28478 | 24539 | 26496 | 27878 | 28443 | 29153 | 31379 | 35084 | 38348 | 42946 | 55453 |
| 11,25 | 98441 | 61611 | 34408 | 31782 | 32785 | 34157 | 34268 | 34084 | 34602 | 39426 | 46732 | 50919 |
| 12,25 | 188777 | 123385 | 74289 | 49665 | 39788 | 38327 | 39137 | 79160 | 39619 | 40545 | 43221 | 51283 |
| 13,25 | 254351 | 228484 | 159894 | 102190 | 66097 | 53276 | 45484 | 43271 | 43319 | 44645 | 45094 | 44723 |
| 14,25 | 304620 | 298337 | 263080 | 221065 | 140955 | 99792 | 68246 | 58211 | 53435 | 49265 | 45305 | 43972 |
| 15,25 | 286783 | 325813 | 337481 | 314436 | 239136 | 210875 | 136416 | 98782 | 82995 | 70323 | 50512 | 45374 |
| 16,25 | 208496 | 253606 | 296531 | 328327 | 301150 | 287558 | 191767 | 140291 | 132731 | 122957 | 54934 | 46743 |
| 17,25 | 148425 | 169747 | 196978 | 215657 | 213709 | 233017 | 173918 | 139391 | 145440 | 147350 | 51912 | 38561 |
| 18,25 | 81134 | 94677 | 109644 | 123385 | 120837 | 126309 | 97117 | 78725 | 79846 | 83535 | 30945 | 24613 |
| 19,25 | 34398 | 39800 | 45272 | 50182 | 51753 | 52503 | 40656 | 39529 | 39121 | 40305 | 18280 | 14677 |
| 20,25 | | | | | 222 | 500 | 558 | 668 | 767 | 970 | 1012 | 1118 |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| total | 1699652 | 1667391 | 1589302 | 1515168 | 1292461 | 1228689 | 926900 | 819064 | 767779 | 761764 | 513461 | 483129 |
| Biomasa | | | | | | | | | | | | |
| 13,25+ | 1318197 | 1410464 | 1408880 | 1355242 | 1133859 | 1063830 | 754162 | 598868 | 577654 | 559350 | 297994 | 259781 |

Tabla 12. Tasa de mortalidad por pesca de la anchoveta, por mes y año, Zona norte (1986 - 1989).

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | SUMA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1986 | 0,000 | 0,012 | 0,018 | 0,035 | 0,074 | 0,078 | 0,000 | 0,067 | 0,049 | 0,362 | 0,371 | 0,254 | 1,321 |
| 1987 | 0,272 | 0,211 | 0,057 | 0,004 | 0,018 | 0,011 | 0,000 | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,116 | 0,697 |
| 1988 | 0,136 | 0,000 | 0,000 | 0,133 | 0,028 | 0,017 | 0,090 | 0,001 | 0,092 | 0,121 | 0,045 | 0,042 | 0,705 |
| 1989 | 0,052 | 0,066 | 0,051 | 0,151 | 0,032 | 0,258 | 0,184 | 0,006 | 0,013 | 0,489 | 0,209 | 0,388 | 1,900 |
| PROM. | 0,115 | 0,072 | 0,032 | 0,081 | 0,038 | 0,091 | 0,069 | 0,020 | 0,038 | 0,243 | 0,156 | 0,200 | |

1987. A partir de 1988, en cambio, se observa un comportamiento pulsátil de la mortalidad por pesca con tendencia creciente hasta fines de 1989 (Fig. 2c). Anualmente, la mayor intensidad de pesca sobre la anchoveta ocurrió en 1986 y 1989, mientras que estacionalmente, y en promedio, ésta ocurrió entre octubre y enero durante el período de estudio (Tabla 12).

Relación Stock-Reclutamiento

Las relaciones de stock-reclutamiento de la anchoveta, ajustadas a los datos, se muestra en la Fig. 3, donde los puntos marcados con círculos corresponden al reclutamiento proveniente del desove ocurrido entre noviembre de 1986 y mayo de 1987, meses en los que se manifestó un

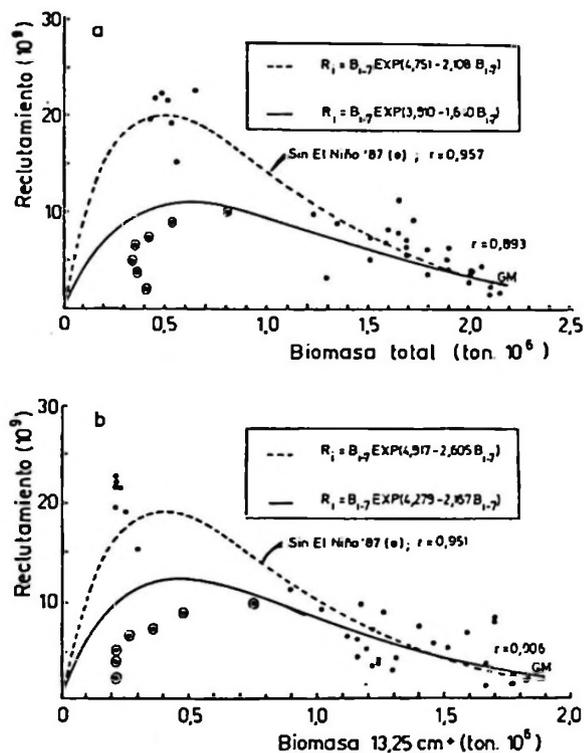


Figura 3. Relación stock-reclutamiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona norte de Chile, en el período 1986-1989: (a) Reclutamiento vs biomasa total; (b) Reclutamiento vs la fracción adulta de la biomasa. Los puntos marcados con círculos corresponden al reclutamiento ocurrido entre junio y diciembre de 1987, el que proviene del desove de noviembre de 1986 a mayo de 1987, meses en que un evento El Niño moderado se manifestó en la zona norte de Chile.

evento: El Niño, de moderada intensidad (ERFEN, 1987). Se deduce, por lo tanto, que si no hubiera existido tal evento oceanográfico, el reclutamiento habría sido mucho más alto, como aquel ocurrido a comienzos de 1988 y que proviene del desove de julio a octubre de 1987, esto es, una vez normalizadas las condiciones oceanográficas.

DISCUSION

Los parámetros de crecimiento en longitud de la anchoveta de la zona norte de Chile, estimados en el presente estudio, son concordantes con aquéllos obtenidos por Palomares *et al.* (1987) para la anchoveta de Perú. Se destaca el rápido crecimiento y ciclo de vida corto del recurso, lo que determina una elevada tasa de mortalidad natural ($M = 1,2$ por año).

Pauly & Palomares (1989) indican que la mortalidad natural de la anchoveta de Perú fue, en promedio, 1,9/año entre 1953 y 1985, pero considerando el efecto del consumo por depredadores naturales. Dentro de éstos: merluza (*Merluccius gayi*), jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus*), bonito (*Sarda chiliensis*), aves guaneras (*Phalacrocorax bougainvilli*, *Sula variegata* y *Pelecanus thagus*), mamíferos marinos (*Arctocephalus australis* y *Otaria flavescens*), y una mortalidad residual debida a otras causas. Estos autores señalan que la mayor incidencia de la predación de anchoveta es realizada por el jurel y la caballa. Sin embargo, en la zona norte de Chile no se ha confirmado un efecto importante de la predación de estos peces sobre la anchoveta (Medina, 1990), razón por la cual el valor de $M = 1,2$ /año parece razonable para la anchoveta de esta área.

Con respecto a las estimaciones del reclutamiento, se advierten cambios mensuales con cierta tendencia estacional y asimismo cambios interanuales notables. El reclutamiento promedio anual fue claramente mayor en 1988; a su vez, los promedios mensuales indican que éste es de mayor magnitud durante los meses de marzo a junio (Tabla 7) correspondiendo a individuos nacidos entre agosto y noviembre. En estos meses se manifiesta la máxima actividad reproductiva poblacional del recurso en la zona norte de Chile (Martínez *et al.*, 1990).

El reclutamiento promedio más bajo ocurrió

en 1986, lo cual puede explicar la baja biomasa poblacional de la anchoveta en 1987, sin dejar de considerar el impacto del evento El Niño ocurrido ese año (ERFEN, 1987). En efecto, es muy probable que este evento haya afectado la distribución de la abundancia y disponibilidad del recurso en el área de operación normal de la flota, reflejándose en la baja mortalidad por pesca en ese año (Fig. 2c).

Asimismo, se establece que el evento El Niño de 1987 afectó al reclutamiento de la anchoveta. Si tal evento no hubiera ocurrido, el reclutamiento pudo haber sido mucho más alto, como aquel ocurrido a comienzos de 1988. Esto, a pesar del fuerte efecto denso-dependiente sobre el reclutamiento de la anchoveta (Fig. 3), probablemente debido al canibalismo de huevos y larvas como ocurre en *Engraulis mordax* de California (MacCall, 1981) y *E. ringens* de Perú (Santander, 1987).

En consecuencia, de acuerdo a la relación stock-reclutamiento, se infiere que *E. ringens* de la zona norte de Chile es capaz de recuperarse a partir de un stock desovante de tamaño reducido (menor a 500 mil toneladas), y sólo cuando las condiciones oceanográficas del área le son favorables.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento al Departamento Ciencias del Mar de la Universidad Arturo Prat (Iquique, Chile), y a las industrias pesqueras del norte de Chile que financiaron el Programa INPESCON-1990. Especial agradecimiento a los colegas Ulises Parker y Eduardo Núñez, quienes colaboraron en la ejecución del proyecto, y al Dr. Hugo Arancibia por la revisión y comentarios del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- ERFEN. 1987. Caracterización de El Niño, 1987, en el Pacífico Sudeste. Comité Científico de ERFEN, CPPS, Boletín 22, 31 p.
- MACCALL, A.D. 1981. The consequences of cannibalism in the stock-recruitment relationships of planktivorous fishes such as *Engraulis*. IOC Workshop Rep. 28: 201-220.
- MARTÍNEZ, C., L. CABALLERO, G. BÖHM, R. GILI, V. BOCIC, P. BARRÍA & R. SERRA. 1990. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1989. Estado de situación y perspectivas del recurso pesquerías pelágicas Zona Norte (I-IV Región). Convenio CORFO-IFOP, Corp. Fom. Prod. (AP 90/10), Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile, 119 p.
- MEDINA, M. 1990. Interacciones tróficas entre el jurel (*Trachurus murphyi* Nichols) y la caballa (*Scomber japonicus* Jordan y Hubbs) en el ecosistema pelágico de la zona norte de Chile. Tesis para optar al título de biólogo pesquero, Universidad Arturo Prat (Iquique), 76 p.
- PALOMARES, M. L., P. MUCK, J. MENDO, E. CHUMAN DE FLORES, O. GÓMEZ & D. PAULY. 1987. Growth of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. *En: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*. D. Pauly and I. Tsukayama (Eds.). ICLARM Studies and Reviews, 15: 179-207.
- PAULY, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fishes stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 39(3): 175-192.
- PAULY, D. & G. GASCHUTZ. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculator. ICES C.M. 1979/G: 24 Demersal Fish Cte, 26 p.
- PAULY, D. & I. TSUKAYAMA. 1983. On the seasonal growth, monthly recruitment and monthly biomass of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens* J.) from 1961 to 1979. *FAO Fish. Rep.* 291 (3): 987-1004.
- PAULY D., M.L. PALOMARES & F.C. GAYANILO. 1987. VPA estimates of monthly population length composition, recruitment, mortality, biomass and related statistics of Peruvian anchoveta, 1953 to 1981. *En: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*. D. Pauly and I. Tsukayama (Eds.). ICLARM Studies and Reviews, 15: 142-166.
- PAULY, D. & M.L. PALOMARES. 1989. New estimates of monthly biomass, recruitment and related statistics of anchoveta (*Engraulis ringens*) off Peru (4-14°S), 1953-1985. *En: The Peruvian upwelling ecosystem: Dynamics and interactions*. D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama (Eds.). ICLARM Conference proceedings, 18: 189-206.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191, 382 p.
- SANTANDER, H. 1987. Relationship between anchoveta egg standing stock and parent biomass off Peru, 4-14°S. *En: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change*. D. Pauly and I. Tsukayama (Eds.). ICLARM Studies And Reviews, 15: 179-207.
- TAYLOR, C.C. 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer*, 23: 366-370.

