

Análisis de la estructura poblacional de *Anchoa panamensis* (Steindachner, 1875) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica

José A. Palacios y Peter C. Phillips

Escuela de Ciencias Biológicas, Area de Biología Marina, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

(Recibido para su publicación el 2 de Setiembre de 1983)

Abstract: A relative-length-frequency study, in the Gulf of Nicoya, Costa Rica from May 1980 to April 1981, showed that in *Anchoa panamensis* there are two age groups per year, with maximum spawning peaks during the rainy season, May and October. The asymptotic total length (L_{∞}) and weight (W_{∞}) were 160.1 mm and 27.1 g, respectively. The total mortality rate was calculated as 5.240 and we conclude that the population is being underexploited.

La determinación de edades en peces de regiones tropicales por los medios convencionales de la lectura de estructuras duras (escamas, otolitos, espinas, etc.), con pocas excepciones (Venkatasubba Rao, 1961; Poinard y Troadec, 1966; Srinivasa Rao, 1968; Vil'yamar, 1973; Reshetnikov y Claro, 1976; Blake y Blake, 1981) es difícil debido a la carencia de anillos bien definidos. Avances recientes en la determinación de edades, utilizando la lectura de los incrementos diarios de crecimiento (Pannella, 1974; Brothers *et al.*, 1975; Taubert y Coble, 1977), han permitido el análisis preciso de edades en peces tropicales. Pero por lo difícil y elaborado de este método y el alto costo que tiene en el laboratorio, esta metodología sigue siendo poco utilizada por los científicos en países tropicales con pesquerías en desarrollo.

El análisis de la progresión modal en longitud-frecuencia como medio para la determinación de edades también ha sido desechado frecuentemente, debido a las prolongadas épocas de desove de los peces tropicales. Recientemente se ha propuesto un método integrado, como una modificación al método de Petersen (1892) y el análisis de la progresión de clases modales (Pauly, 1980). El método integrado permite no sólo analizar la estructura de edad y crecimiento sino también ubicar épocas de desove.

En el presente estudio se aplicó este método a una población de *Anchoa panamensis*, un

abundante pez de forraje, en el Golfo de Nicoya (Pacífico), Costa Rica. También, se calcularon las tasas de mortalidad (Z y M).

MATERIAL Y METODOS

Se recolectaron 852 especímenes de anchoa durante un estudio de las poblaciones litorales de peces en Punta Morales del Golfo de Nicoya (Phillips, 1983a, Figs. 1,2) con un chinchorro a intervalos de 4 semanas, de mayo de 1980 a abril de 1981. Se le midió la longitud total (mm) y el peso (g) a cada espécimen.

Para el análisis de crecimiento, de los grupos de edad y épocas de desove, se utilizó una serie duplicada de 13 histogramas de frecuencia relativa-longitud (1 histograma equivale a un período de muestreo), así la Figura 1 representa dos años. Para facilitar el trazado de las curvas de crecimiento, se utilizó una escala en la cual cada 10% de frecuencia relativa equivale a 1 cm y cada período de muestreo a 2 cm. Puesto que los peces de una época de desove (= grupo de edad) tienden a agruparse alrededor de una longitud media, y que estos picos se desplazan sobre el eje de la abscisa de longitud conforme se baja la ordenada de tiempo, esto permitió trazar dos curvas a mano alzada que pasaran aproximadamente por los puntos de los ejes de las abscisas que representaron estos picos. Los puntos de intersección de las curvas trazadas con el eje de la ordenada identificaron

aproximadamente las épocas de desove. Luego se procedió a leer longitudes modales y se las incorporó al modelo de Ford-Walford (Ricker, 1975) con base en el cual se extrajeron la longitud asintótica (L_∞), el coeficiente de crecimiento (K), y el origen de la curva de crecimiento (t_0) fue estimado por la expresión empírica, $\log_{10}(-t_0) = 0,3922 - 0,2752 \log_{10} L_\infty - 1,038 \log_{10} K$ (Pauly, 1980). Estos parámetros se incorporaron a la ecuación especial de von Bertalanffy (VBGF) (Pauly, 1982), en la cual se supone que las diferencias entre los poderes de las relaciones de anabolismo ($S = pL^a$) y catabolismo ($W = qL^b$) en peces es $D = b - a = 1$ (Pauly, 1981). Puesto que esta situación no se mantiene para la mayoría de los peces, también se aplicó la ecuación generalizada (Pauly, 1982) de VBGF,

$$L_t^D = L_\infty^D [1 - e^{-KD(t-t_0)}],$$

la cual es un ajuste de la fórmula, permitiendo que D varíe según la estimación,

$$D \approx 3 [1 - (0,674 + 0,0357 \log^W \max)]$$

Para reiterar, cuando el valor de $D = 1$, podemos reducir la generalizada de VBGF a la especial de VBGF,

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

Mientras que estas dos ecuaciones de crecimiento en peces suponen condiciones ambientales constantes, aún en el trópico se dan oscilaciones estacionales. Por ese motivo un modelo de crecimiento más reciente incluye la siguiente modificación,

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-KD(t-t_0)} + C \frac{KD}{2\pi} \sin 2\pi(t-t_s)] / D$$

(Pauly, 1982), en donde los parámetros adicionales son C y t_s . C es un coeficiente que expresa la intensidad de las oscilaciones de crecimiento, y t_s es el comienzo de una oscilación de crecimiento con respecto a $t = 0$.

Con la ecuación generalizada de VBGF ($D \neq 1$), se volvieron a estimar los parámetros L_∞ y K por medio del modelo de Ford-Walford de $L_t^D + 1$ versus L_t^D (Pauly, 1982).

La relación longitud-peso de *A. panamensis* se estimó a través de la relación $W = aL^b$

(Ricker, 1975), con lo cual se estimó el peso asintótico (W_∞) que fue introducido en igual manera a la ecuación generalizada de crecimiento en peso (Pauly, 1982).

Se estimaron las tasas de mortalidad por pesca (F), mortalidad natural (M) y mortalidad total (Z), utilizando la relación $Z = F + M$ (Gulland, 1971). Para estimar Z , se construyó la curva de captura, en donde la sección de la curva con pendiente (b) negativa es $b = -Z$. M fue estimada de la relación empírica, $\log_{10} M = 0,0066 - 0,2791 \log_{10} L_\infty + 0,6543 \log_{10} K + 0,4634 \log_{10} T$ (Pauly e Ingles, 1981), en donde $T = 28,8$ C para el área de Punta Morales (Phillips, 1983a) y $K = 2,691$ anual.

Finalmente, se calculó la tasa de explotación (E) para *A. panamensis* por medio de la relación propuesta por Pauly (1982) en donde

$$E_{opt} \approx \frac{F}{F+M} \approx 0,5.$$

E_{opt} es la tasa de explotación, que optimiza el rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cálculo de los parámetros de crecimiento:

En la Figura 1 se nota un desplazamiento de los picos de captura hacia la derecha conforme se baja en la columna vertical de histogramas. Este fenómeno es notable en dos ocasiones en cada serie de 13 períodos, indicando el crecimiento de dos distintos grupos de edad y permitiendo el trazado de dos líneas de crecimiento por año. Al leer los valores de la intersección de la curva superior con el eje de las abscisas, nos dió las longitudes; 8, 39, 52, 65, 77, 88, 100, 109, 118, 120 mm. Estos valores fueron introducidos al modelo de Ford-Walford. Se calcularon los parámetros de crecimiento $L_\infty = 162,6$, $K = 0,157$ y se estimó $t_0 = -0,682$ para luego construir la ecuación especial de VBGF, $L_t = 162,6 [1 - e^{-0,157(t + 0,682)}]$ (Fig. 2). Para la estimación de la ecuación generalizada de VBGF, se calculó D en 0,829, valor que fue incorporado al modelo de Ford-Walford, $L_t^D + 1$ versus L_t^D , obteniéndose una $L_\infty = 160,1$, $K = 0,207$ y $t_0 = -0,514$. La ecuación generalizada toma la forma, $L_t^{0,829} = 160,1^{0,829} [1 - e^{-0,207 \times 0,829(t + 0,514)}]$ (Fig. 2).

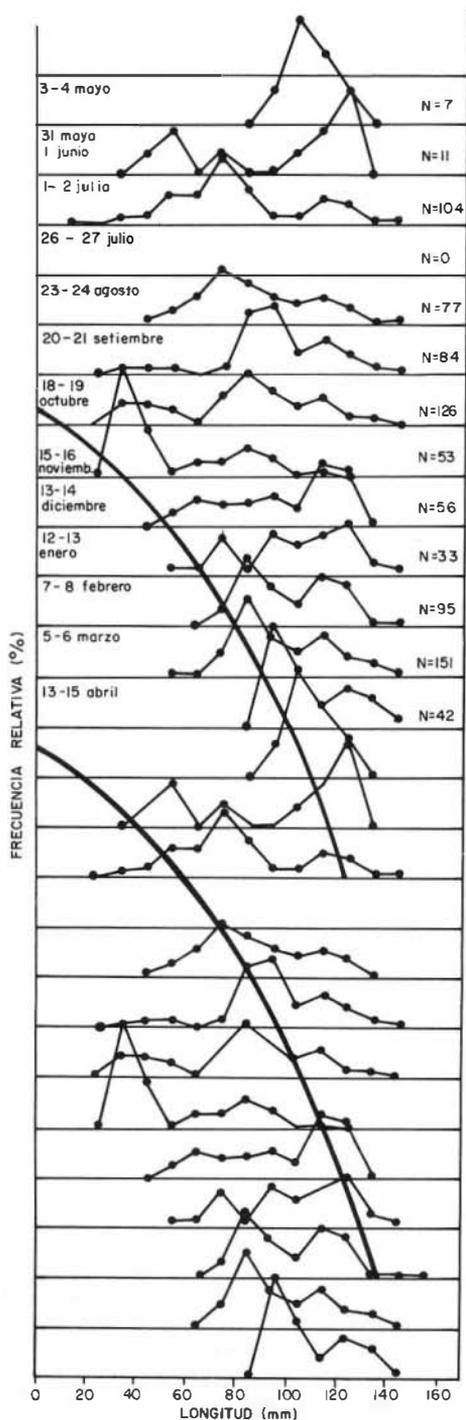


Fig. 1. Histograma de frecuencia relativa-longitud (%) para los 13 períodos de muestreo presentado en dos ciclos. Las curvas representan los dos grupos de edad por año de *Anchoa panamensis*.

Warburton (1979) calculó una longitud asintótica de 114,1 mm para *A. panamensis* en las lagunas costeras del Pacífico Mexicano, longitud menor a las obtenidas en el presente trabajo ($L_{\infty} = 162,6$ mm, $D = 1$ y $L_{\infty} = 160,1$, $D = 0,821$). Este parámetro puede haber sido subestimado en México, puesto que Hildebrand (1943) reportó longitudes de 145 mm en la misma especie de muestras que se tomaron de Puerto Pizarro, Perú a Mazatlán, México. Peterson (1956) midió longitudes estándar de *A. panamensis* hasta de 125 mm en el Golfo de Nicoya y en el presente estudio se colectaron especímenes de 152 mm, longitud total que representa aproximadamente el punto en que la curva de crecimiento en el presente estudio entra a alcanzar el período de oscilación hacia la longitud asintótica en esta especie (Fig. 2).

Se estimó una tasa de crecimiento relativo promedio de 11,61 mm/mes para los primeros 12 meses, 2,05 mm/mes para los siguientes 7 meses y 0,44 mm/mes para los últimos 12 meses para completar su ciclo de vida de 31 meses. Así la tasa de crecimiento relativo promedio total fue de 5,13 mm/mes. Warburton (1979) reportó un incremento de longitud de 7,1 mm/mes para *A. panamensis* en el ámbito de longitud entre 46 y 102,5 mm. La derivación del modelo de von Bertalanffy propuesta por Taylor (1958) sugiere que los peces mayores crecen hasta alcanzar aproximadamente el 95% de su L_{∞} ; para *A. panamensis* este porcentaje lo alcanza a la edad de 1,3 años, con una longitud de 152 mm.

Las anteriores ecuaciones de VBGF suponen que las condiciones ambientales sean constantes. Según Pauly (1982), aún en el trópico la pequeña fluctuación anual en la temperatura puede influir en una oscilación del crecimiento. La ecuación modificada que abarca estas oscilaciones debido a la temperatura es la siguiente:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-KD(t-t_0)} + C \frac{KD}{2\pi} \sin 2\pi(t-t_0)] / D$$

donde los nuevos parámetros son C, la intensidad de la oscilación en crecimiento y t_0 , el comienzo de la primera oscilación con respecto a $t = 0$.

Cuando no hay oscilaciones $C = 0$. Puesto que la temperatura promedio anual varió en 5,9 C en el área de Punta Morales, nosotros

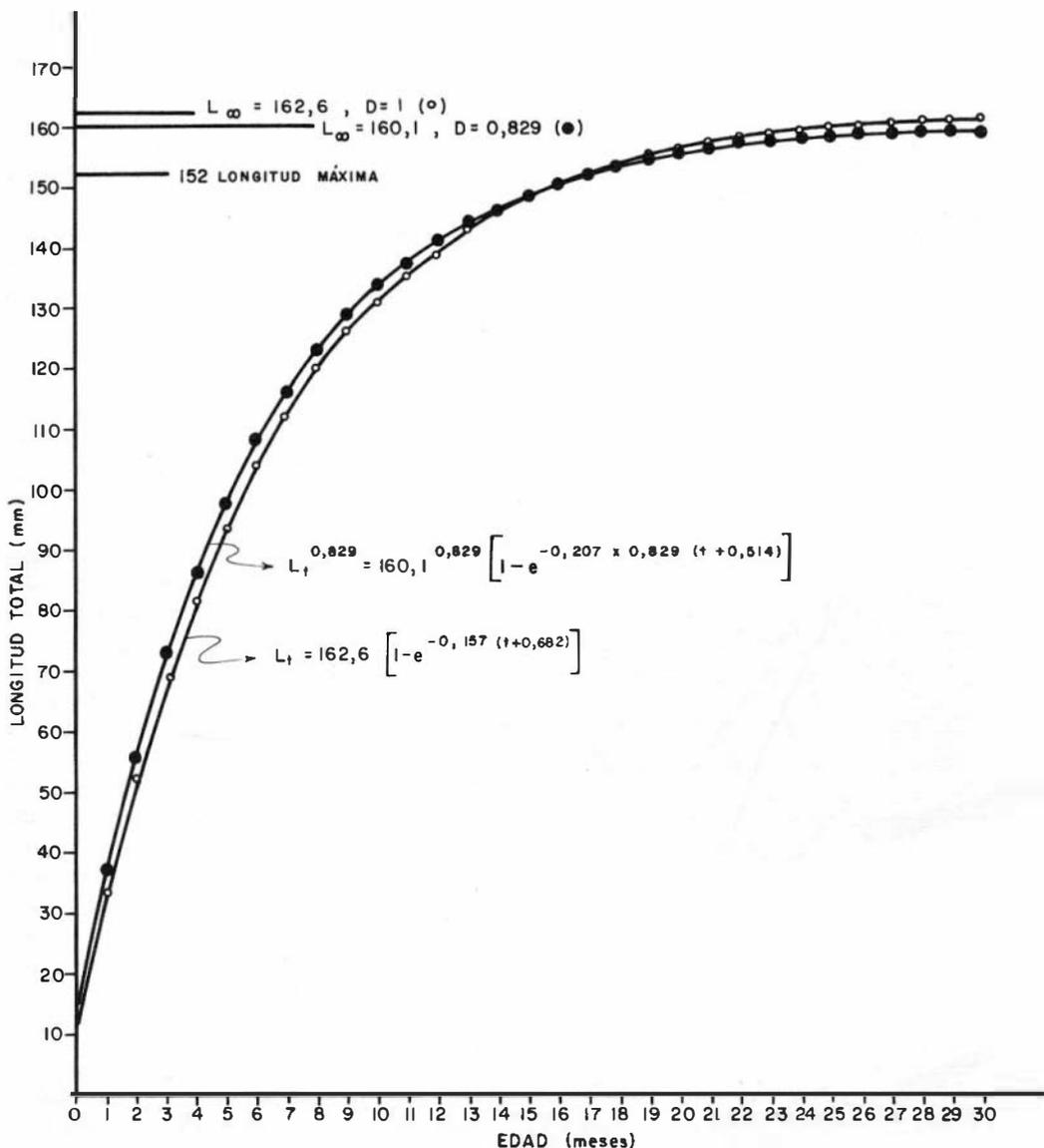


Fig. 2. Las curvas teóricas de crecimiento de von Bertalanffy (longitud) para *Anchoa panamensis*; la especial donde $D = 1$ y la generalizada donde $D \neq 1$.

estimamos C en 0,65 y t_0 en 0,25 de las Figuras 4 y 5 respectivamente de Pauly (1982). La ecuación que resultó fue:

$$L_t = 160,1 \left[1 - e^{-0,207 \times 0,829 (t + 0,514)} \right] + 0,65$$

$$\frac{0,172}{2\pi} \sin 2\pi (t - 0,25) \left]^{1,205}$$

Relación longitud-peso: La relación longitud-peso se expresa en la Figura 3 con la ecuación

de crecimiento en peso, $W = 6,6 \times 10^{-6} L^{3,019}$, $R^2 = 0,92$. Al sustituir la L_{∞} de 160,1 mm de la generalizada del VBGF para la variable L en la ecuación tenemos un peso asintótico (W_{∞}) de 27,1 g. El peso máximo que se encontró en el presente estudio fue de 21,1 g, el cual correspondió a una longitud de 152 mm. Esta crece isométricamente ($b = 3$, $P \leq 0,01$) con respecto al peso por lo que el modelo de crecimiento en peso con respecto al tiempo (Pauly e Ingles, 1981)

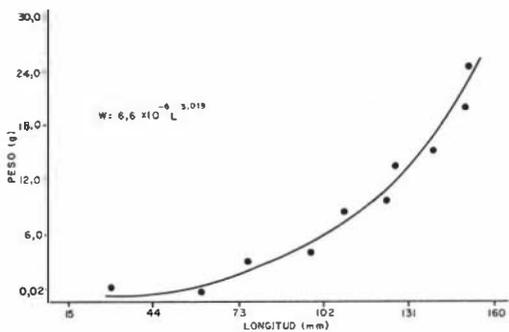


Fig. 3. La relación de longitud total-peso para *Anchoa panamensis*.

se puede expresar como,

$$W_t^{0,829} = 27,1 \cdot 0,829 \left[1 - e^{-0,207 \times 0,829 (t + 0,514)} \right]^3 \text{ (Fig. 4).}$$

Epocas de desove: Pauly (1980) expresa que se pueden identificar los períodos de desove en el punto en que las curvas se interceptan con el eje de la ordenada. Entonces se puede apreciar en la Figura 1 que los dos máximos desoves de *A. panamensis* ocurrieron en mayo (principios de la época lluviosa) y en octubre (finales de época lluviosa). Los picos más pequeños alrededor de las dos líneas de crecimiento pueden señalar que los puntos de intersección con la ordenada son puntos medios de épocas prolongadas y fluctuantes siendo posiblemente reguladas por un ritmo lunar, como se discutieron en De Martini y Fountain (1981) y Johannes (1978). La concentración del desove durante la época lluviosa es una estrategia reproductiva, que concuerda con varios estudios de peces tropicales (Phillips, 1983b). Las larvas, recientemente eclosionadas, están sincronizadas con el momento de mayor disponibilidad de nutrimentos en el sistema estuarino. El alimento como principal factor regulador de desove ha sido cuestionado últimamente y se especula que el factor primordial que regula la aparición de larvas y juveniles es el ocultamiento a los depredadores y no la disponibilidad de alimento, que es más constante en el medio tropical. Por consiguiente la lluvia puede ser un factor secundario, y la turbidez por el contrario, un factor importante (Blaber y Blaber, 1980), así como la disminución de la velocidad del viento y las corrientes oceánicas

durante la época lluviosa que facilitan la estadía de las larvas y los juveniles en los estuarios (Johannes, 1978).

Estimación de la mortalidad: En el Cuadro 1 se observa los datos para construir la curva de captura del logaritmo natural de la abundancia relativa contra sus respectivas edades, con lo cual se puede estimar la tasa de mortalidad total (Z), la que se calculó en 5,240 de la regresión $\log_e \% (N/\Delta t) = 4,590 - 5,240 t$, ($r = -0,95$ $P \leq 0,01$). La tasa de mortalidad natural se calculó en 4,120, para una longitud asintótica de 16,01 cm, $K = 2,691$ anual y una temperatura media de 28,8 °C encontrada durante el período de estudio. La tasa de mortalidad por pesca (F) se calculó en 1,120, con lo cual se estimó la tasa de explotación, $E \approx F/Z$ en 0,210. Debido que el valor $0,210 < 0,5$ (D. Pauly, com. pers.) indica que la población natural de *Anchoa panamensis* está sub-explotada en el Golfo de Nicoya.

En resumen, *Anchoa panamensis* es una especie de vida corta, típica de muchos peces tropicales y característica de especies pequeñas de peces. Aunque esta especie actualmente no tiene valor comercial en Costa Rica, es muy abundante en los estuarios, indudablemente constituye un importante pez de forraje para los depredadores grandes y como un recurso no explotado, podría servir para carnada. Los métodos presentados en este trabajo son intentos iniciales, a través de una metodología sencilla, para determinar grupos de edad, el crecimiento, las épocas de desove y las tasas de mortalidad y explotación, todos parámetros esenciales en el ordenamiento pesquero. Para ampliar estos estudios preliminares, sería recomendable corroborar la información indirecta que calculamos sobre épocas de desove con estudios biológicos de la madurez sexual de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos al Dr. D. Pauly, ICLARM, Manila, Filipinas, por la revisión de una versión anterior de este manuscrito. El apoyo financiero y logístico para el presente estudio fue proporcionado por la Vicerrectoría de Investigación, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, dentro del Proyecto No. 801012.

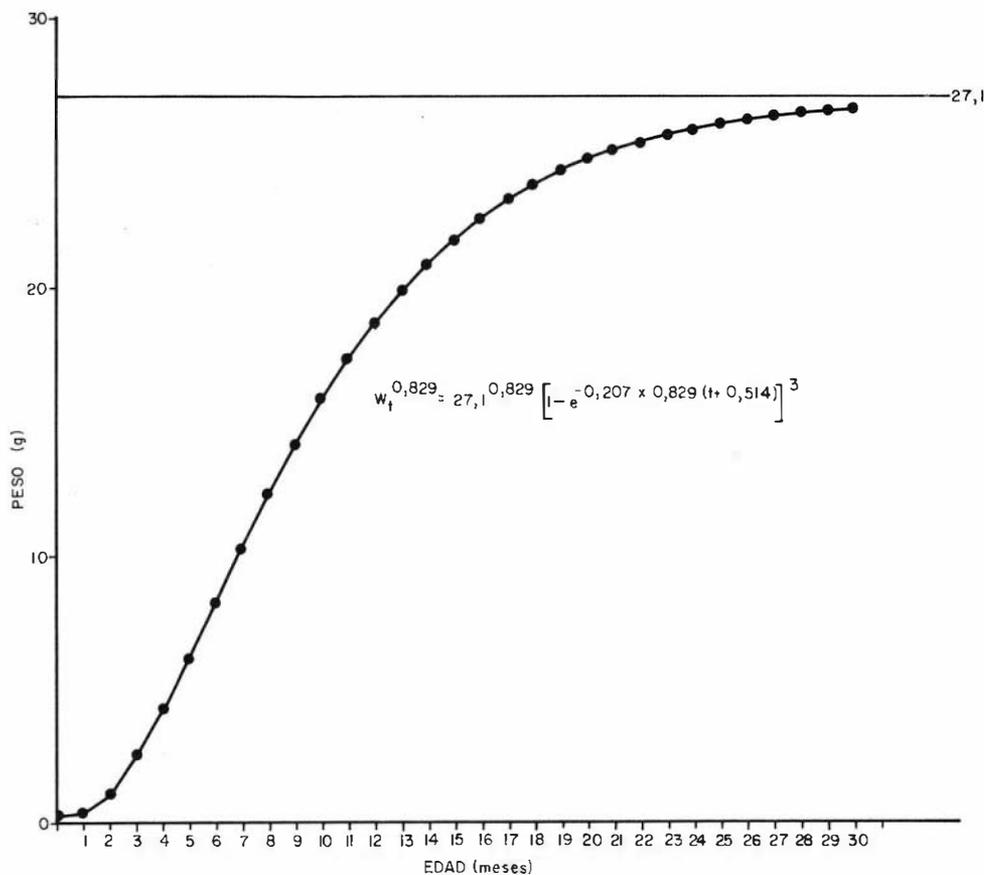


Fig. 4. La curva teórica generalizada de crecimiento en peso de von Bertalanffy para *Anchoa panamensis*.

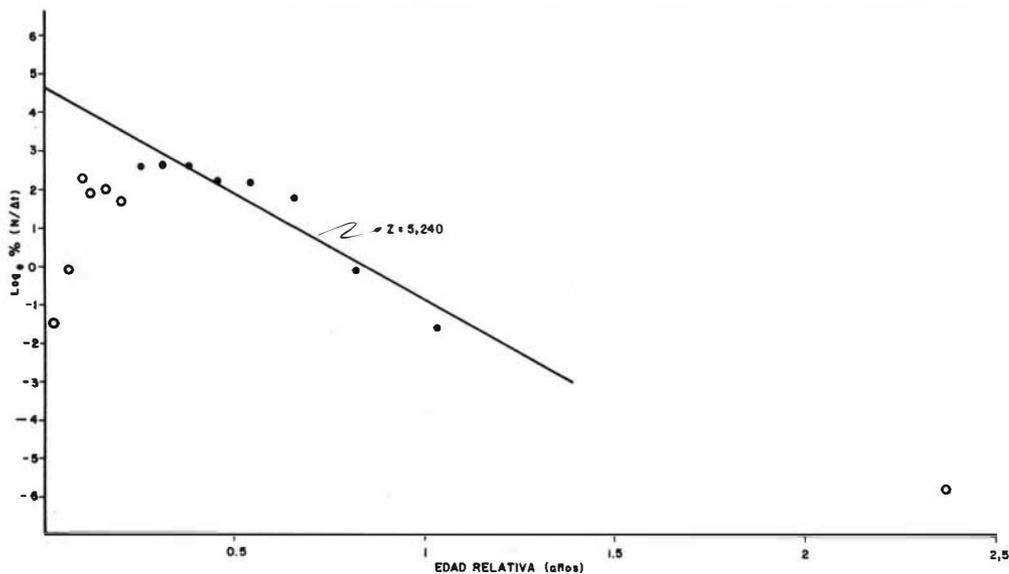


Fig. 5. La curva de captura de la conversión de longitudes. Basada en los datos de frecuencia relativa-longitud del cuadro 1 y los parámetros de crecimiento ($L_{\infty} = 160,1$, $K = 0,207$ y $D = 0,829$). Puntos cerrados son utilizados en el cálculo.

LITERATURA CITADA

- Blaber, S.J.M., & T. G. Blaber. 1980. Factors affecting the distribution of juveniles estuarine and inshore fish. *J. Fish Biol.*, 17: 143-162.
- Blake, C., & B.F. Blake. 1981. Age determination in six species of fish from a Mexican Pacific coastal lagoon. *J. Fish Biol.*, 18: 471-478.
- Brothers, E.B., C.P. Mathews, & R. Lasker. 1975. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Fish. Bull.*, 74: 1-8.
- De Martini, E.E., & R.K. Fountain. 1981. Ovarian cycling frequency and batch fecundity in the queenfish, *Seriphus politus*: attributes representative of serial spawning fishes. *Fish. Bull.*, 79: 547-560.
- Gulland, J. A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces, (FAO). Editorial Acribia, Zaragoza, España. 164 p.
- Hildebrand, S.F. 1943. A review of the American anchovies (family: Engraulidae). *Bull. Bingham Oceanogr. Coll. New Haven*; 8. 165 p.
- Johannes, R.E. 1978. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Env. Biol. Fish.*, 3: 65-84.
- Pannella, G. 1974. Otolith growth patterns; an aid in age determination in temperate and tropical fishes, p. 28-39. *In* T.B. Bagenal (ed.). Ageing of Fish. The Gresham Press, Old Woking, Surrey. 234 p.
- Pauly, D. 1980. A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Circular*, No. 729, 54 p.
- Pauly, D. 1981. The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy's theory of growth. *Meeresforschung*, 28: 251-282.
- Pauly, D. 1982. Studying single-species dynamics in a tropical multispecies context. *In* D. Pauly & G. I. Murphy (eds.). Theory and Management of Tropical Fisheries. ICLARM Conference Proceedings. 9. 360 p.
- Pauly, D., & J. Ingles. 1981. Aspects of the growth and natural mortality of exploited coral reef fishes. *Proc. Fourth International Coral Reef Symposium, Manila* 1: 89-98.
- Petersen, J. 1892. Fiskebiologiske forhold i Holboek Fjord, 1890-91. Beretning fra de Danske Biologiske Station for 1890 (91), 1: 121-183.
- Peterson, C. 1956. Observations on the taxonomy, biology and ecology of engraulid and clupeid fish in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Inter-Amer. Trop. TunaCom.*, 1: 1-211.
- Phillips, P. C. 1983a. Diel and monthly variation in abundance, diversity and composition of littoral fish populations in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 297-306.
- Phillips, P. C. 1983b. Observations on abundance and spawning seasons of three fish families from an El Salvador coastal lagoon. *Rev. Biol. Trop.* 31: 29-36.
- Poinsard, F., & J. P. Troadec. 1966. Determination de l'age par la lecture des otoliths chez deux espèces de sciaenidés Ouest-Africains (*Pseudotolithus senegalensis* C. V. et (*Pseudotolithus typus* Balker). *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 30: 291-307.
- Reshetnikov, Yu.S., & R. M. Claro. 1976. Time of formation of the annual ring in the Lutjanidae. *Hydrobiol. J.*, 12: 30-35.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, No. 191. 382 p.
- Srinivasa Rao, K. 1968. Studies on the scales of *Pseudosciaena diacanthus* (Lacépède) for estimating growth parameters. *Ind. J. Fish.*, 15: 127-144.
- Taubert, B. D., & D.W. Coble. 1977. Daily rings in otoliths of three species of *Lepomis* and *Tilapia mossambica*. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 34: 332-340.
- Taylor, C.C. 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 23: 366-370.
- Venkatasubba Rao, K. 1961. Studies on the age determination of "ghol", *Pseudosciaena diacanthus* (Lacépède) by means of scales and otoliths. *Ind. J. Fish.*, 8: 121-127.
- Vil'yamar, H. 1973. Age determination in fishes of the family Sciaenidae. *J. Ichthyology*, 13: 550-561
- Warburton, K. 1979. Growth and production of some important species of fish in a Mexican coastal lagoon system. *J. Fish. Biol.*, 14: 449-464.