



INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

**SERIE: DOCUMENTOS DE TRABAJO AÑO 1
No. 6 Septiembre 1989**

**EDAD OPTIMA DE CAPTURA, SEGUN EL METODO
DE ALLEN, Y PROPUESTA DE TALLA MINIMA
LEGAL PARA LA ANCHOVETA NORTEÑA
Engraulis mordax Girard, 1856.**

Germán González-Dávila



SECRETARIA DE PESCA

DIRECTORIO

LIC. MA. DE LOS ANGELES MORENO URIEGAS

Secretaria de Pesca

LIC. CLARA JUSIDMAN DE BIALOSTOZKY

Subsecretaria de Pesca

ING. EFREN FRANCO DIAZ

Oficial Mayor

LIC. ADALBERTO CAMPUZANO RIVERA

Coordinador de Delegaciones Federales de Pesca

BIOL. ALICIA BARCENA IBARRA

Directora General del Instituto Nacional de la Pesca

A través de la serie "Documentos de Trabajo", el Instituto Nacional de la Pesca, pretende dar a conocer de manera inmediata los resultados de los trabajos efectuados por sus investigadores.

Los trabajos difundidos en esta serie son responsabilidad exclusiva del(os) autor(res) y corresponden a versiones preliminares que, una vez revisadas por el Comité Editorial del I.N.P., son susceptibles de publicarse en ediciones formales, acordes a las características propias de cada trabajo.

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización expresa del(os) autor(res).

**EDAD OPTIMA DE CAPTURA, SEGUN EL METODO
DE ALLEN, Y PROPUESTA DE TALLA MINIMA
LEGAL PARA LA ANCHOVETA NORTEÑA
Engraulis mordax Girard, 1856.**

Germán González-Dávila *

* Centro Regional de Investigación Pesquera, Ensenada, B.C.
Instituto Nacional de la Pesca

EDAD OPTIMA DE CAPTURA, SEGUN EL METODO DE ALLEN,
Y PROPUESTA DE TALLA MINIMA LEGAL PARA LA ANCHOVETA NORTEÑA
Engraulis mordax Girard, 1856.

Germán González-Dávila*
Instituto Nacional de la Pesca
Ensenada, B.C.

RESUMEN

Con base en datos del periodo 1975-1987 de pesos promedio a cada edad, en las capturas de la pesquería mexicana de anchoveta norteña Engraulis mordax, se construye una curva de crecimiento en peso cuyo valor en el origen es W_0 (peso promedio de los individuos al nacer), para lo cual se desarrolla un procedimiento (homólogo al de López-Veiga para tallas) para la estimación de los parámetros W_∞ y K . Con ésta y con la curva de supervivencia, se utiliza el método de Allen para la construcción de la curva de producción de biomasa y para la identificación de la edad óptima de captura. Se construye una curva de crecimiento en talla con valor en el origen L_0 (talla de las larvas al nacer) para identificar la talla promedio que corresponde a la edad óptima de captura. Se discute la situación de la subpoblación central de anchoveta frente a la pesquería, especialmente su actual estructura de edades y su potencial de renovación. Con fundamento en todo lo anterior, se propone talla mínima de captura = 105mm de longitud patrón o estándar.

ABSTRACT

Based on data from 1975 to 1987 of average weight at age, in the catch of the Engraulis mordax northern anchovy mexican fishery, a weight growth curve is plotted and its value in the origin is W_0 (average weight of the individuals at birth), for which a procedure (similar to that of López-Veiga for sizes) is developed - to estimate W_∞ and K . With the latter and with the survival curves, the Allen method is used to plot the biomass production curve and to identify the optimum age of catch. A curve of growth in length is plotted with a value in the origin of L_0 (size of the larvae at birth), to identify the average size which corresponds to the optimum age of catch. The situation of the central subpopulation of the anchovy facing the fishery, especially its present age structure and its renovation potential, is discussed. Based on the above mentioned, a minimum catch size = 105mm of standard length is proposed.

* Domicilio Actual: Institut des Sciences de l'Evolution
Université Montpellier II
Place Eugène Bataillon
34060 Montpellier Cedex, FRANCE
Tél. 67 14 36 00, Télécop. 67 54 30 79

**EDAD OPTIMA DE CAPTURA SEGUN EL METODO DE ALLEN,
Y PROPUESTA DE TALLA MINIMA LEGAL PARA LA ANCHOVETA NORTENA
Engraulis mordax Girard, 1856.**

INTRODUCCION

En su conocido trabajo de 1957, Beverton y Holt presentan un "modelo simple para obtener el rendimiento anual en peso de una pesquería en estado estacionario", utilizando parámetros de los modelos usuales de crecimiento y supervivencia. Este "modelo simple" expresa el rendimiento como función de dos variables: la edad de la cohorte y la intensidad de pesca. Es pues, una función definida de un plano (x, y) a los números reales (z), por lo que su gráfica es tridimensional, sobre la cual las curvas "eumétricas" indican las mejores edades para iniciar captura a cada intensidad de pesca, o las mejores intensidades de esfuerzo pesquero para capturar cada edad.

Existe otro modelo más sencillo y más ampliamente aplicable, pues no requiere parámetros de intensidad de pesca y, por tanto, tampoco que la pesquería se encuentre en estado "estacionario" (cuando la capacidad de renovación de biomasa de la población se mantiene constante y el volumen de las capturas es equivalente a dicha capacidad (cfr. Murgalef, 1977:622 y 623)); muy útil para estimar la edad óptima a la cual iniciar la explotación de una especie es el método de Allen (1951), que conjuga también los modelos de crecimiento y de supervivencia.

Para obtener un mejor ajuste del modelo de von Bertalanffy a los datos de crecimiento en peso, se presenta un procedimiento similar al desarrollado por López-Veiga para crecimiento en talla (1979). Este último procedimiento es especialmente aplicable a especies de muy rápido crecimiento durante su primera etapa de

vida, por lo que se ajusta muy bien al caso de la anchoveta norteña Engraulis mordax Girard, 1856.

En septiembre de 1987, gracias a las gestiones de la Coordinación Operativa de la Pesquería de Anchoveta (Secretaría de Pesca), se establecieron por primera vez normas regulatorias después de 25 años de haberse iniciado el aprovechamiento comercial de esta especie en México. La norma regulatoria central consiste en una talla mínima de captura: 100mm de longitud patrón o estándar. Cuando aparece más del 30% de individuos menores que esa talla en la composición de las capturas, la zona de pesca donde ello sucede se cierra transitoriamente hasta en tanto tal situación se modifique.

Sin embargo, existen dudas respecto a si el límite de talla permisible es o no el más adecuado para proteger la capacidad reproductiva de la especie. En el presente trabajo se parte de la hipótesis de que es posible obtener mejores rendimientos a tallas mayores que 100mm, no obstante la alta mortalidad de la anchoveta. Además, desde el punto de vista reproductivo, se muestra que el margen de sobrevivencia a la pesca que resulta de la norma vigente es insuficiente.

MATERIALES

La anchoveta norteña es una de las especies pesqueras mejor conocidas de América y del mundo. Es quizás la más importante especie forrajera de la corriente de California (Ahlistrom, 1964; Baxter, 1967; Vessermith et al., 1969; Squire, 1972), por lo que existe una inmensa cantidad de información disponible respecto de su ciclo de vida, de sus características y comportamiento poblacionales, así como del ambiente marino que habita. Muchísimos investigadores pesqueros, mexicanos y norteamericanos, han invertido parte o gran parte de sus esfuerzos durante décadas para desarrollar el conocimiento sobre Engraulis mordax.

De modo que actualmente se dispone de bastante información respecto de sus formas específicas de crecer y sobrevivir.

Los parámetros de los modelos de crecimiento y de supervivencia pueden variar en el tiempo y de una a otra cohorte. Ello en función de las condiciones ecológicas particulares que cada cohorte encuentra desde su nacimiento hasta su muerte. La anchoveta es particularmente sensible a la variación de dichas condiciones (Lasker, 1975; Hunter y Coyne, 1962). Por ello, y no sólo en razón de los diferentes procedimientos que se apliquen para su estimación, se reportan valores diversos para mortalidad natural M , mortalidad por pesca F , talla y peso máximos asintóticos L_{∞} y W_{∞} , y coeficientes k y t_0 .

Valores de mortalidad natural M con frecuencia se reportan incluidos en valores de mortalidad total $Z = M + F$. Beverton, - en 1963, reporta $Z = 0.9$; en 1967, Bayliff reporta $Z = 1.7$; en 1974, McCall presenta $Z = 1.09$, y precisa $M = 1.06$, $F = 0.03$;

Villamar et al. en 1979 presentan valores de Z entre 1.1 y 1.4; recientemente, Cota et al. (1986) presentan $M = 1$. McCall utiliza el método de Chapman y Robson (1960), reconocido por su capacidad para obtener valores muy inseguros de M , a diferencia del utilizado por Beverton (curva de captura) que subestima su valor para edades tempranas en tanto lo sobreestima para edades tardías. Bayliff ofrece un valor correspondiente a un periodo durante el cual las tasas de explotación se mantienen menores que 20% -- (González-Dávila, 1989), por lo que el valor de M debe corresponder a 1.28. Los valores de Villamar et al. corresponden a un periodo durante el que las tasas de explotación se incrementan de menos del 20% en 1972 a poco más del 40% en 1978 (González-Dávila, 1989), de lo que se sigue que los valores de M se encuentran entre 0.75 y 0.67.

Schaefer (1967) y Pauly (1980), entre otros, demuestran las altas tasas de mortalidad natural que sufren las especies masivas, especialmente los pelágicos menores. Esta es una condición típica de las especies altamente transferentes de energía en la cadena trófica (Largier, 1977: 476 y ss., 602). Por consiguiente, la mortalidad natural M de la anchoveta nortea no puede ser, en general, menor que 1.0.

En relación con los parámetros de crecimiento L_{∞} y W_{∞} , los valores obtenidos como tales, o bien los datos de referencia, son muy variables. La descripción original para la especie (Girard, 1956) reporta longitud estándar media de 165mm. Clark y Phillips (1952) reportan longitud patrón (o estándar) máxima promedio 172mm. Bayliff (1967) presenta valores de $L_{\infty} = 164$ mm y de $W_{\infty} = 21$ g. Debe considerarse que existen diferencias significativas en las dimensiones medias de los individuos entre cada una de las tres subpoblaciones de anchoveta nortea (Vrooman et al.,

1961); así, los individuos de la subpoblación más sureña —de Ca-
lo San Lucas, B.C.S. al norte de la Bahía de San Sebastián Vizcaí-
no—, desarrollan tallas y pesos promedio a cada edad menores que
los individuos de la subpoblación central —de Punta Baja, B.C. a
la Bahía de San Francisco, Cal.—, y éstos a su vez, menores que
los individuos de la subpoblación norteña —del sur de la Bahía —
de Monterrey, Cal. hasta las islas Reina Carlota, C.B., Can. Exis-
te pues un gradiente, creciente, de tallas y pesos, de sur a -
norte. Estas diferencias, entre los individuos de las subpobla-
ciones norteña y central, han sido claramente expuestas por Mal-
licoate y Parrish (1961), con base en poco menos de 20 años de -
muestreos de la pesquería norteamericana.

La pesquería mexicana explota la subpoblación central, concre-
tamente su segmento sureño —ubicado de la frontera marítima con
USA a Punta Baja—, por lo que las tallas y los pesos promedios a
cada edad son comparativamente menores a aquéllos de la pesque-
ría norteamericana y, en general, a los valores de indicadores -
reportados en la Bibliografía. Luego de una fase de desarrollo -
de poco más de 10 años, la pesquería mexicana inicia su fase de
crecimiento durante 1975 y la fase de estabilización a partir de
1983 (González-Dávila, 1989). Se observa una tendencia sostenida
a la disminución de las tallas mínima, promedio y máxima, en las
capturas comerciales: de 63, 116.9 y 150mm durante 1975 (Villa-
mar et al., 1979) a 46, 95.9 y 146mm durante 1987 (García et al., -
1988), (Tabla I); durante 1988, alrededor del 70% de los in-
dividuos capturados son juveniles menores de 100mm. En tanto, -
los pesos máximos registrados en la pesquería mexicana, se man-
tienen en alrededor de 21g durante el mismo periodo, con un re--

TABLA I. Tallas mínima, promedio y máxima en las capturas de la pesquería mexicana 1975-1987.

	Milímetros		
	mínima	promedio	máxima
1975	63	118.9	158
1976	58	101.9	143
1977	68	116.0	153
1978	58	99.7	143
1979	58	104.8	153
1980	56	101.9	140
1981	68	101.7	141
1982	54	106.5	140
1983	42	88.1	134
1984	45	86.7	136
1985	38	97.0	138
1986	42	91.0	139
1987	46	95.9	146
Promedios	53.5	100.8	143.4

FUENTES: 1975-1978 estimadas a partir de datos graficados en Villamar *et al.* (1979); 1979-1984 según García *et al.* (1986); 1985-1986 de A. Barrera CRIP-Eda (com. pers.); 1987 estimada a partir de frecuencias por intervalo de talla, de García *et al.* (1986).

gistro máximo extraordinario de 26.2g en 1985 (Lo y Hethot, en prensa), (Tabla II).

Con base en lo anterior, se ha seleccionado un valor de $L_{\infty} = 150\text{mm}$, que expresa tanto el hecho de dimensiones menores en relación con individuos de fracciones poblacionales más nor-
teñas, como también la reacción de la población sujeta a muy altas tasas de explotación durante fines de los 70's y principios de los 80's (González-Dávila, 1969) modificando una propiedad intensiva (Margalef, 1977: 610-612), uno de cuyos resultados es la reducción relativa de los promedios de tallas a cada edad.

MÉTODOS

El método de Allen (1951) consiste en construir un gráfico de supervivencia como función de los pesos promedio a cada edad. Se conjugan los modelos de crecimiento y de supervivencia. El producto de ambas funciones expresa la biomasa que alcanza cada cohorte a cada edad.

Para describir el crecimiento en peso se utiliza como base la ecuación original de von Bertalanffy (1938), y no la solución propuesta por Beverton y Holt (1957) para el mismo modelo de Pütter que éste propone con fundamento en conceptos fisiológicos:

$$\frac{dm}{dt} = Hs - Km$$

que es la tasa de crecimiento, donde H es la biomasa sintetizada por unidad de superficie, s es la superficie de absorción, K es la constante de destrucción de biomasa por unidad de masa y m es la biomasa.

TABLA II. Pesos promedio a cada edad en las capturas de la pesquería mexicana, según muestreos estacionales 1975-1987.

	Gramos					
	edad: 0	1	2	3	4	5+
1975	1.5	8.7	13.2	15.9	17.0	20.8
	7.0	10.8	13.9	15.5	16.8	20.8
	6.3	11.8	14.7	15.6	17.4	20.8
	6.0	11.3	14.1	15.2	17.9	20.8
1976	2.2	8.9	13.3	15.8	17.0	20.8
	5.0	10.0	13.5	15.6	16.8	20.8
	6.4	11.5	14.6	15.5	17.7	20.8
	7.7	11.3	14.3	15.6	17.5	20.8
1977	2.7	9.4	13.4	15.8	17.0	20.8
	5.0	10.0	13.5	15.6	16.8	20.8
	6.3	11.6	14.6	15.6	17.5	20.8
	6.5	11.5	14.2	15.7	17.7	20.8
1978	(2.45)	(7.85)	(11.875)	(14.2)	(16.225)	(19.55)
	5.2	10.0	13.5	15.5	16.7	20.8
	9.2	13.6	15.4	17.3	18.8	20.8
	10.4	14.6	16.3	19.2	18.0	20.8
1979	(2.45)	(7.85)	(11.875)	(14.2)	(16.225)	(19.55)
	6.9	11.6	12.8	15.0	17.2	20.7
	7.4	11.8	13.3	16.6	17.5	20.8
	7.1	12.0	13.6	16.9	17.9	20.8
1980	2.8	9.4	13.4	15.8	17.0	20.8
	5.4	10.2	13.9	15.7	17.0	20.8
	7.7	12.9	16.1	17.0	18.7	20.8
	8.5	13.0	16.0	17.7	18.8	20.8
1981	(2.45)	(7.85)	(11.875)	(14.2)	(16.225)	(19.55)
	7.4	10.7	12.6	14.3	15.4	20.8
	7.6	10.7	12.6	14.0	16.2	20.8
	8.4	11.4	13.3	14.7	14.9	20.8
1982	(2.45)	(7.85)	(11.875)	(14.2)	(16.225)	(19.55)
	5.3	12.4	14.3	15.9	16.5	21.5
	8.2	12.1	13.5	14.8	15.3	23.4
	7.3	11.9	13.5	14.7	15.4	22.5
1983	1.1	6.7	9.0	10.1	12.1	18.6
	5.3	7.1	8.7	9.1	17.6	21.0
	6.7	8.7	10.2	11.0	17.8	23.8
	3.3	7.1	8.0	9.7	13.9	22.5
1984	4.4	6.9	8.1	11.1	17.4	18.2
	5.6	8.6	13.7	16.0	17.5	23.7
	4.9	9.2	12.7	12.1	17.3	22.5
	5.0	8.5	12.0	15.2	15.8	22.5
1985	(2.45)	(7.85)	(11.875)	(14.2)	(16.225)	(19.55)
	5.1	14.1	15.7	18.3	18.7	20.6
	6.4	18.8	20.1	26.2	25.0	22.5
	7.1	18.5	20.9	22.3	22.6	22.5

... continúa

TABLA II (Continuación)

1986	2.7	6.5	12.4	15.4	17.0	18.2
	4.7	8.4	13.8	16.4	16.6	20.2
	8.1	13.1	16.0	20.7	20.9	23.7
	5.3	12.9	15.5	19.7	18.6	22.5
1987	2.2	6.3	12.2	13.7	15.3	18.2
	5.3	10.3	10.5	16.7	19.8	21.3
	4.4	13.8	12.9	18.3	22.3	24.1
	7.1	13.2	12.6	13.1.	14.4	21.5
Promedios	5.468	10.635	13.380	15.550	17.310	21.022

Los paréntesis indican que se trata de valores estacionales promedio calculados con base en los datos de años durante los cuales se realizó tal muestreo estacional. Se hace esto para evitar cierta sobrevaloración de los promedios totales por edad, ya que la naturaleza estacional de los muestreos ofrece cifras, en general, menores a principios de cada año.

FUENTES: Datos del Programa Anchoveta del CRIP-Ensenada, Instituto Nacional de la Pesca, SEPES, México. Editados por Lo y Methot (en prensa, CALCOFI Rep.).

Von Bertalanffy resuelve la ecuación diferencial calculando la constante de integración en $t = 0$:

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - L_0) e^{-kt} \quad (1)$$

Deverton y Holt proponen una solución alternativa calculando la constante de integración en $t = t_0$:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (2)$$

ecuaciones de crecimiento en talla L_t , en las que L_∞ es el límite asintótico (dependiente de los procesos anabólico y catabólico), L_0 es la talla cuando $t=0$ (es decir, la talla de la larva en el momento del nacimiento o eclosión), $k = K/3$ (parámetro dependiente del catabolismo) y, t_0 es la "edad negativa" en el momento en que $L_t = 0$ (cuyo valor absoluto, para mantener un significado biológico, debe corresponder a la duración de la embriogénesis).

La ecuación 2 es la más conocida y de uso corriente. Quizás debido a que constituye una simplificación más aparente que real, pues evita un parámetro de claro significado biológico (L_0) introduciendo otro considerado en muchos casos sólo factor de corrección o ajuste estadístico (t_0). Por lo general t_0 adquiere valores negativos de varias unidades de tiempo, lo que está relacionado con subestimaciones de los valores de k , de tal modo que la curva de crecimiento no describe adecuadamente el desarrollo a edades tempranas, especialmente el primer año de vida. Esta insuficiencia en el ajuste del modelo a la realidad, es especialmente importante en los casos de especies de corta vida y de acelerado crecimiento a edades tempranas. Por lo tanto, la expresión propuesta por Deverton y Holt no mejora el ajuste del modelo sino todo lo contrario; además, requiere la estimación de - -

tres parámetros (L_{∞} , k , t_0) en lugar de sólo dos (L_{∞} , k), pues es bastante sencillo obtener la talla de las larvas al nacer - - (L_0).

Para describir el crecimiento en peso, se propone una expresión similar a la de von Bertalanffy para crecimiento en talla, a partir de la ecuación 1. Considerando una forma de crecimiento proporcional o isométrica (Huxley, 1932; Teissier, 1937), se cumple que:

$$W_t = a(L_t)^3 \quad (3)$$

donde: W_t es el crecimiento en peso proporcional al cubo de la talla, a es la constante de proporcionalidad.

Reemplazando la ecuación 1 en la ecuación 3, se tiene que:

$$W_t = a(L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0) e^{-kt})^3$$

$$\Leftrightarrow W_t^r = a^r(L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0) e^{-kt})^3$$

donde: $r = \frac{1}{3}$

se sigue que $W_t^r = a^r L_{\infty}^r - (a^r L_{\infty}^r - a^r L_0^r) e^{-kt}$ (4)

para $t=0$ $W_0^r = a^r L_0^r$ (5)

y en el límite cuando $t \rightarrow \infty$

$$W_{\infty}^r = a^r L_{\infty}^r \quad (6)$$

sustituyendo 5 y 6 en 4:

$$W_t^r = W_{\infty}^r - (W_{\infty}^r - W_0^r) e^{-kt}$$

$$\Leftrightarrow W_t = (W_{\infty}^r - (W_{\infty}^r - W_0^r) e^{-kt})^3 \quad (7)$$

que es una expresión de crecimiento en peso homóloga a la ecuación 1, original de von Bertalanffy (1938). El peso seco de

las larvas al nacer es de 0.023g a 0.026g, del cual alrededor del 50% es vitelo (Hunter, 1977), considerando que más o menos el 90% es agua en la composición del peso del organismo (Margarier, 1977:93; Lehninger, 1978^{4r}, 39), se adopta el valor de $W_0 = 0.1225g$.

Para obtener los parámetros W_∞ , k , e incluso t_0 para crecimiento en peso, se desarrolla un procedimiento similar al propuesto por López-Velga para crecimiento en talla (1979). Se parte de la ecuación propuesta por Beverton y Holt (1957), y que resulta de reemplazar la ecuación 2 en la ecuación 3:

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^3 \quad (8)$$

extrayendo raíz cúbica, reordenando y aplicando logaritmos, la ecuación 8 puede reescribirse como:

$$\ln(W_\infty^3 - W_t^3) = \ln W_\infty^3 + kt_0 - kt$$

la que para $t=0$, $t=t_1$, y $t=t_1+n$ es:

$$\ln(W_\infty^3 - W_0^3) = \ln W_\infty^3 + kt_0 \quad (9)$$

$$\ln(W_\infty^3 - W_{t_1}^3) = \ln W_\infty^3 + kt_0 - kt_1 \quad (10)$$

$$\ln(W_\infty^3 - W_{t_1+n}^3) = \ln W_\infty^3 + kt_0 - k(t_1+n) \quad (11)$$

sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas que se puede resolver sencillamente restando la ecuación 10 a la 9, y la ecuación 11 a la 10:

$$\ln(W_\infty^3 - W_0^3) - \ln(W_\infty^3 - W_{t_1}^3) = kt_1 \quad (12)$$

$$\ln(W_\infty^3 - W_{t_1}^3) - \ln(W_\infty^3 - W_{t_1+n}^3) = kn \quad (13)$$

dividiendo la ecuación 12 entre la ecuación 13:

$$\frac{\ln \left(\frac{W_\infty^3 - W_0^3}{W_\infty^3 - W_{t_1}^3} \right)}{\ln \left(\frac{W_\infty^3 - W_{t_1}^3}{W_\infty^3 - W_{t_1+n}^3} \right)} = \frac{t_1}{n}$$

reordenando y aplicando función exponencial:

$$\frac{w_{\infty}^r - w_{t_1}^r}{w_{\infty}^r - w_{t_1+n}^r} = \left(\frac{w_{\infty}^r - w_{t_1}^r}{w_{\infty}^r - w_{t_1+n}^r} \right)^{(t_1/n)} \quad (14)$$

La ecuación 14 carece de solución explícita pero puede resolverse iterativamente. De otra forma, pueden seleccionarse pesos correspondientes a edades tales que $t_1/n = 1$, situación que ocurre cuando $t_1+n = 2t_1$, y entonces:

$$w_{\infty} = \left(\frac{w_{t_1}^{2r} - w_{\infty}^r w_{t_1+n}^r}{2w_{t_1}^r - w_{t_1+n}^r - w_{\infty}^r} \right)^3 \quad (15)$$

conocido el valor de w_{∞} , con base en la ecuación 12 se tiene:

$$k = \frac{\ln \left(\frac{w_{\infty}^r - w_{t_1}^r}{w_{\infty}^r - w_{t_1}^r} \right)}{t_1} \quad (16)$$

y una vez conocido el valor de k , con base en la ecuación 9:

$$t_{\infty} = \frac{\ln \left(\frac{w_{\infty}^r - w_{t_1}^r}{w_{\infty}^r} \right)}{k} \quad (17)$$

Este procedimiento se aplica a los pesos promedio a cada edad, que se observan en la composición de la pesquería mexicana durante el periodo 1975-1987 (Tabla II). Debido a la naturaleza estacional de los muestreos, los datos corresponden a individuos que recién cumplen la edad t ó que se encuentran más o menos próximos a cumplir $t+1$, razón por la cual se ha atribuido a cada peso promedio la edad $t+\frac{1}{2}$ correspondiente; especialmente, al peso que

corresponde a los individuos de edad "cero", se ha atribuido la edad 0.75, pues dicho dato se considera sobreestimado en virtud de que son los individuos más grandes los más frecuentemente capturados a esta edad (cfr. Ricker, 1975:60 ss), y en virtud de las características del desarrollo postlarval reportadas (Kramer y Zweifel, 1970; Laaker et al., 1970; Hunter y Coyne, 1982).

Para describir la supervivencia se utiliza la conocida expresión:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-Zt} \quad (18)$$

en la que N_t es el número de supervivientes a la edad t , N_0 es el número original de individuos y Z es la mortalidad total (donde $Z = F+M$, es decir a la suma de la mortalidad por pesca F más la mortalidad natural M). Esta ecuación resulta de integrar la ecuación diferencial $dN/dt = -Zt$, que es la tasa instantánea de pérdida en el número de individuos en función de la edad. Muchos autores han contribuido al planteamiento y uso de esta expresión (Edsler, 1900; Heincke, 1913; Pearl y Barker, 1921; Ricker, 1948; Beverton y Holt, 1957; etc.), pero se reconoce a Baranov (1911) como el primero que explicita la relación entre la curva de supervivencia y la "curva de captura".

En la construcción de esta curva para su aplicación al modelo de Allen, se considera solamente la mortalidad natural para poder estimar el potencial natural que ofrece el recurso.

Finalmente, para construir el gráfico de Allen (1951) y obtener la curva de rendimientos a cada edad, se transforma la curva de supervivencia en función de la edad, a supervivencia en función del peso promedio a cada edad, de acuerdo a:

$$N_v : W_t \rightarrow N_t, \text{ para toda } v \in \{W_0, W_\infty\} \quad (19)$$

en el gráfico correspondiente (Figura 3) puede observarse que, - bajo la curva es posible construir rectángulos de lados W_t y N_t , existirá uno y sólo uno de área máxima, que puede encontrarse mediante la ecuación:

$$B_t = N_t W_t \quad (20)$$

$$= N_0 e^{-Mt} \left[W_{\infty}^r - (W_{\infty}^r - W_0^r) e^{-kt} \right]^3$$

que es la biomasa B_t como función del peso promedio que alcanzan los supervivientes a cada edad, definida como el producto de las ecuaciones 7 y 18 (considerando sólo la mortalidad natural).

RESULTADOS

El mejor ajuste de la ecuación 7 a los datos (Tabla II) con base en la ecuación 14, se logra con la pareja W_{t_1} , W_{t_1+n} correspondientes a las edades $t_1 = 1.5$ y $t_1+n = 5.5$. Considerar una edad menor que 5.5 como t_1+n produce valores subestimados de W_{∞} y sobreestima k (curva punteada en la Figura 1); en tanto que utilizar edades diferentes a 1.5 como t_1 , aleja los valores esperados de los observados, subestimándolos a edades menores y sobreestimándolos a edades mayores que ésta (curva delgada en la Figura 1). Los valores estimados para los parámetros son:

$W_{\infty} = 21.35890771$, $k = 0.9172421062$, $t_0 = -0.21502701$ (curva de línea gruesa en la Figura 1).

La figura 2 ilustra la curva de supervivencia considerando una mortalidad natural $M = 1$ y por cada 100 individuos como población original, de acuerdo a la ecuación 18. El gráfico de - - llen de acuerdo a la definición 19 (Figura 3), y la función B_t (ecuación 20, Figura 4), describen las biomásas que suman los individuos supervivientes a cada edad según aumenta su peso corpo-

FIGURA 1

CRECIMIENTO EN PESO: LA CURVA DE LINEA GROSERA INDICA EL AJUSTE OBTENIDO, LAS CURVAS DE LINEAS PUNTEADA Y DELGADA ILUSTRAN LOS SESGOS RESULTANTES DE UTILIZAR OTRAS PAREJAS t_1, t_1^{∞} .

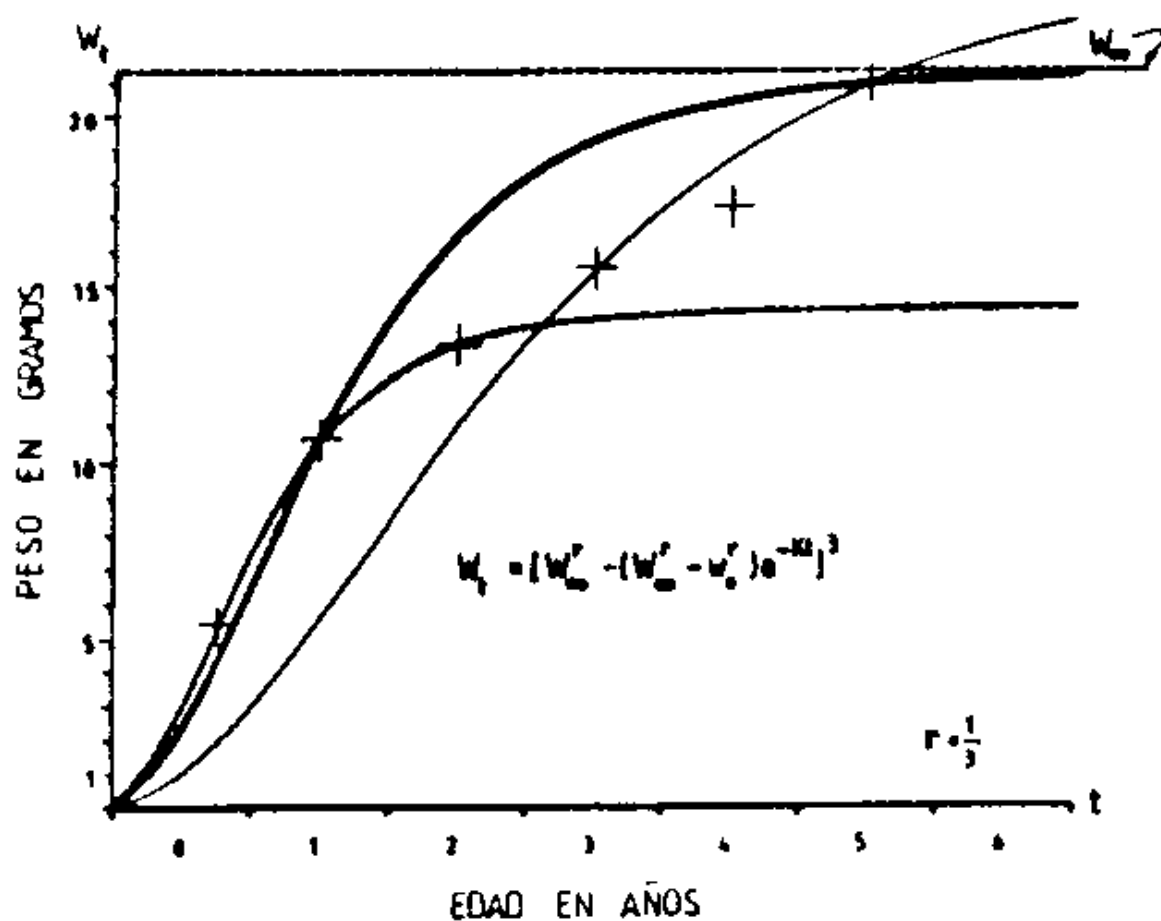
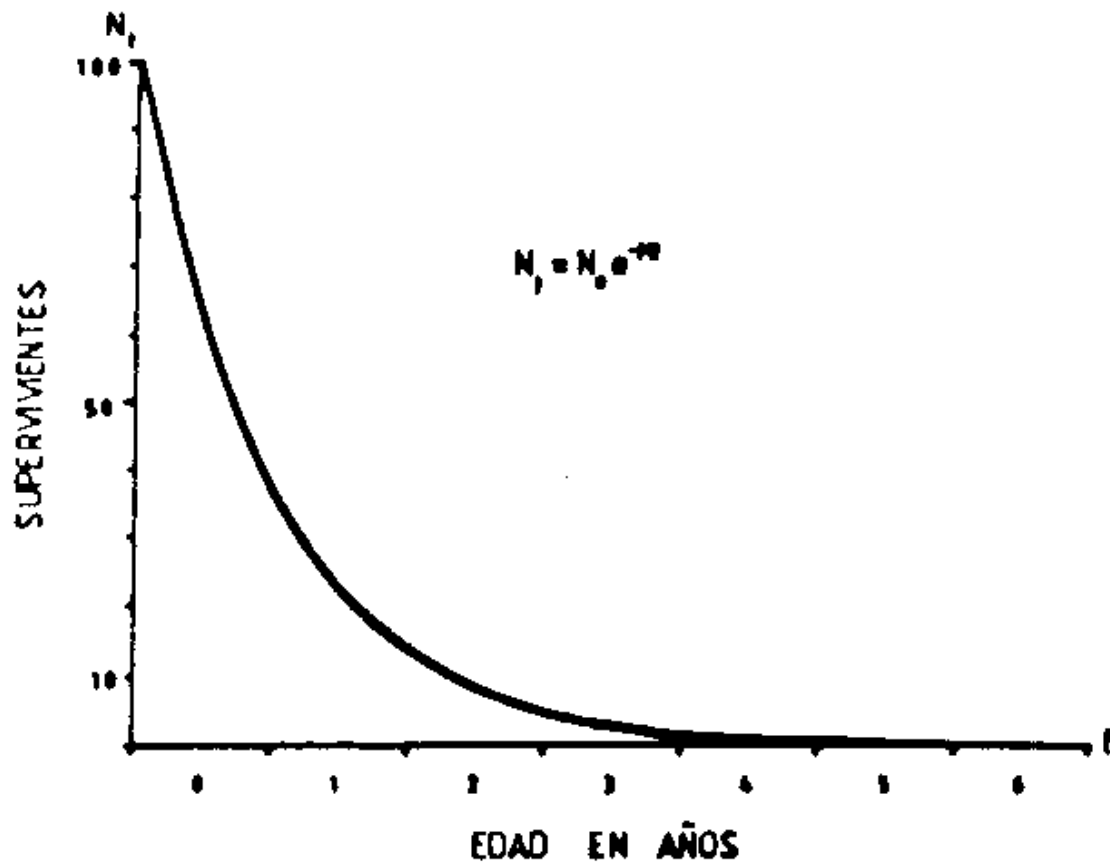


FIGURA 2

SUPERVIVENCIA: POR CADA 100 INDIVIDUOS COMO POBLACION ORIGINAL N_0 , $M = 1$.



ral. Los valores obtenidos como edad óptima y peso individual - promedio óptimo, cuando se produce la biomasa máxima, son:

$$t_{op} = 1.226, \quad W_{op} = 8.423, \quad B_{max} = 247.198$$

Finalmente, para obtener la talla correspondiente a t_{op} , se - construye la curva de crecimiento en talla de acuerdo a la ecua- ción 1, utilizando los valores $L_{\infty} = 150\text{mm}$, k el mismo que el estimado para crecimiento en peso, y $L_0 = 2.8\text{mm}$ que es la talla de las larvas recién nacidas (Kramer y Ahlstrom, 1968; Hunter, - 1977). Los valores obtenidos para talla óptima y para t_0 son:

$$L_{op} = 102.189, \quad t_0 = -0.0205431997$$

lo anterior se ilustra en la Figura 5.

Los valores de todas las curvas se indican en la Tabla III.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El rápido crecimiento que experimenta la anchoveta durante su - primer año de vida, es una condición no expresada por los paráme- tros k y t_0 que diversos autores reportan. Por ejemplo, Bay- lif (1967) presenta $k = 0.45$; Spratt (1975 -citado por López- - Veiga, 1979) presenta $k = 0.299$ y $t_0 = -1.7144$. Y aplicando procedimientos (a los pesos de la Tabla II) análogos a los tradi- cionales para crecimiento en talla (Ford, 1933; Walford, 1946; - Gulland, 1964), se obtiene un valor de $k = 0.46522$; o bien (Be- verton, 1954) valores de k entre 0.5088 y 0.3765, y valores de t_0 entre -1.3 y -2.4 (no se describen estos procedimientos aná- logos -analogía similar a la aquí desarrollada respecto del méto- do de López-Veiga-, por carecer de otro interés que el de, en es- te caso, la comparación).

FIGURA 3

GRAFICO DE ALLEN: SUPERVIVIENTES COMO FUNCION DE PESOS
 PROMEDIO. LAS AREAS DE LOS RECTANGULOS DE LADOS W_i
 N_i QUE PUEDEN CONSTRUIRSE BAJO LA CURVA, REPRESENTAN
 LA BIOMASA DE LOS SUPERVIVIENTES A CADA EDAD.

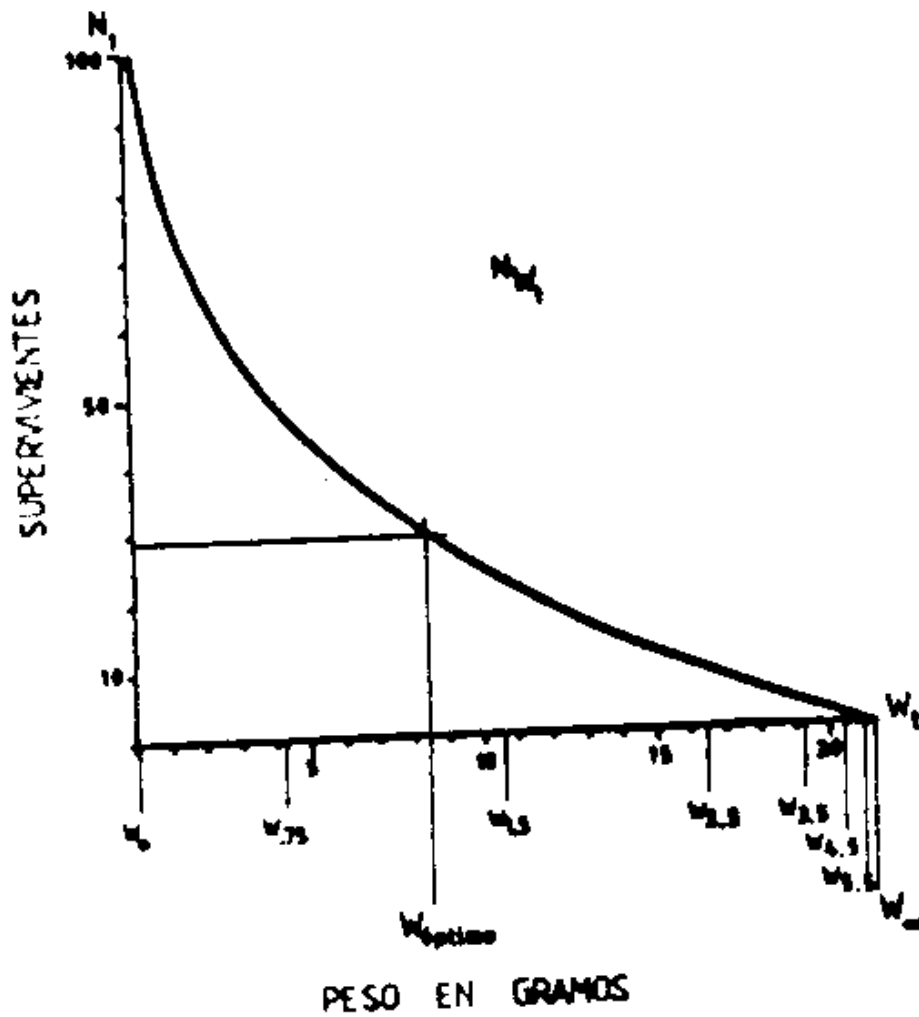


FIGURA 4

BIOMASA COMO FUNCION DEL PESO PROMEDIO DE LOS SUPERVIVIENTES A CADA EDAD. t' ES LA EDAD A LA QUE EL INDIVIDUO PROMEDIO HA DESARROLLADO 100mm DE LONGITUD PATRON. LA BIOMASA QUE SUMAN LOS SUPERVIVIENTES A ESTA EDAD ES IDENTICA A LA QUE SUMAN LOS SUPERVIVIENTES A LA EDAD t'' , PERO YA CON 104.4mm DE TALLA.

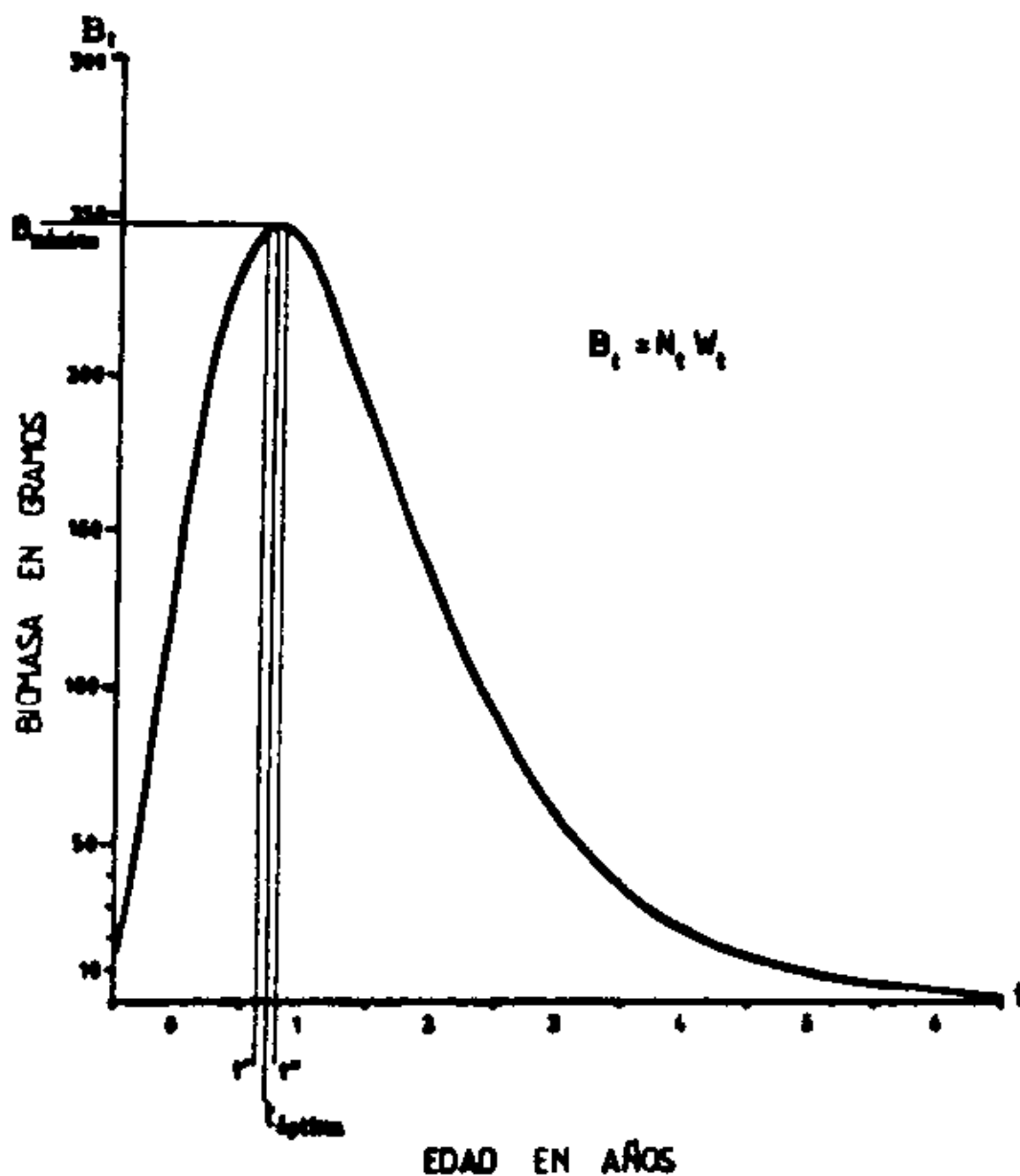


FIGURA 5

CRECIMIENTO EN TALLA. ALREDEDOR DEL 80% DE LA TALLA QUE LA ARCHIVETA PUEDE ALCANZAR EN TODA SU VIDA, LA DESARROLLA DURANTE SU PRIMER AÑO DE VIDA.

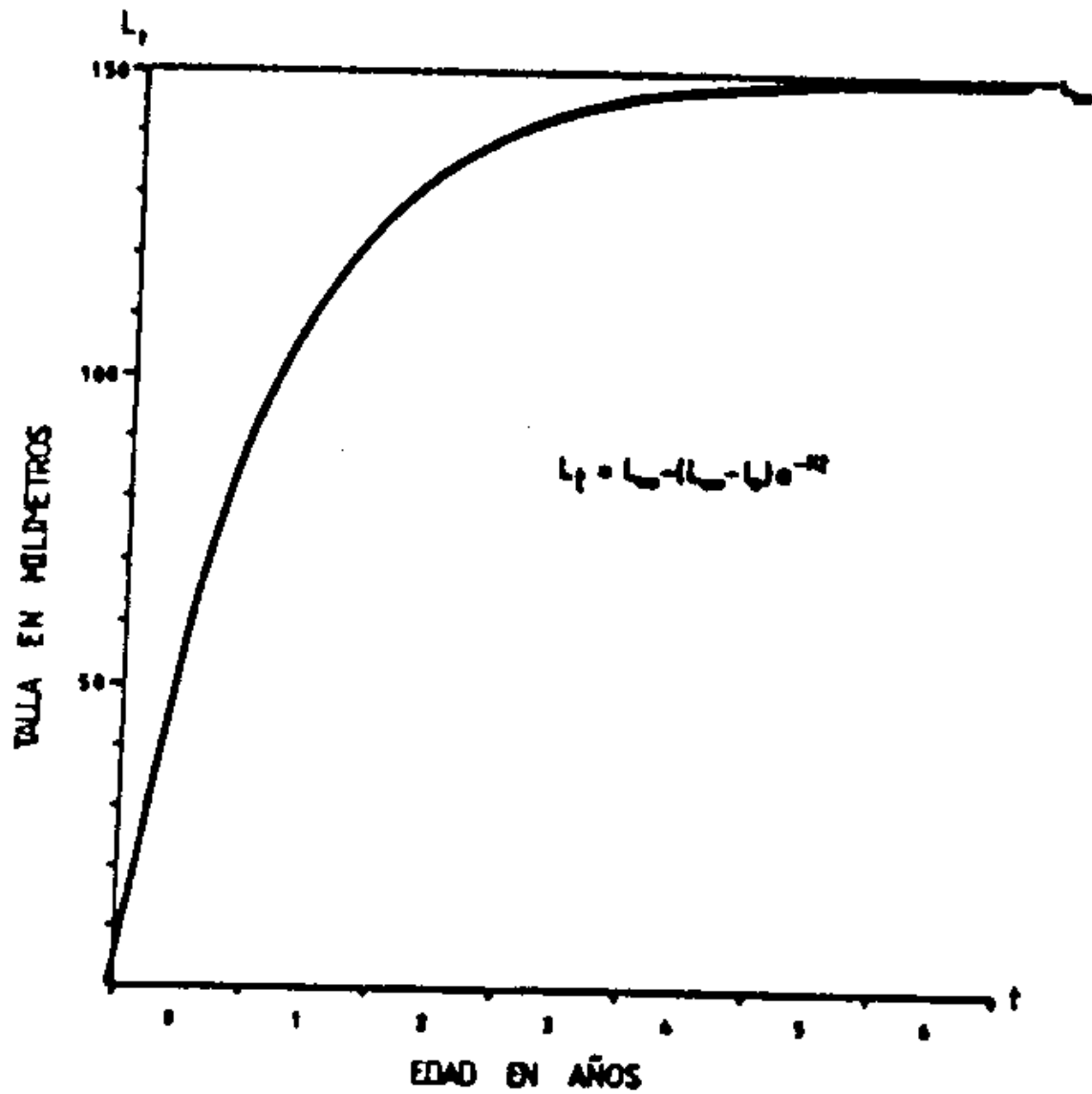


TABLA III. Crecimiento en peso, Supervivencia, Biomasa, y Crecimiento en talla.

t	W_t	N_t	B_t	L_t
0	0.1225	100	12.250	2.8
0.5	2.377	60.653	144.168	56.947
0.75	4.328	47.237	204.435	76.015
1	6.479	36.708	238.354	91.176
1.177	8.008	30.820	246.810	99.991 1/
1.226 2/	8.423	29.346	247.198 3/	102.189
1.277	8.850	27.887	246.814 4/	104.374
1.292	8.975	27.472	246.558	104.998 5/
1.5	10.635	22.313	237.299	112.814
1.630	11.601	19.593	227.304	116.994 6/
2	14.011	13.534	189.620	126.493
2.5	16.476	8.208	135.244	135.140
3	18.174	4.979	90.485	140.606
3.5	19.306	3.020	58.300	144.062
4	20.045	1.832	36.714	146.246
4.5	20.522	1.111	22.798	147.627
5	20.827	.674	14.033	148.500
5.5	21.022	.409	8.591	149.052
6	21.145	.248	5.241	149.401
6.5	21.224	.150	3.191	149.621
7	21.273	.091	1.940	149.760
∞	21.35890771	0	0	150

-
- 1/ Talla mínima de captura vigente, corresponde a t'
2/ Edad óptima
3/ Biomasa máxima
4/ Biomasa equivalente a la que corresponde para talla mínima en vigor, pero obtenida a talla mayor correspondiente a t"
5/ Propuesta de Talla Mínima de Captura
6/ Talla propuesta como mínima por Villamar *et al.* (1979)

En cambio, las expresiones de crecimiento en peso (ecuación 7) y en talla (ecuación 1) que aquí se han utilizado, sí permiten una descripción adecuada de la rapidez característica con la que Engraulis mordax alcanza elevados porcentajes del peso y la talla que logrará durante toda su vida; concomitantemente, la utilización de un procedimiento homólogo al de López-Veiga (ecuaciones 14, 15, 16 y 17), permite una estimación mucho más realista de los parámetros W_{∞} , k , y t_0 . Lo anterior es posible en virtud de que las ecuaciones 7, 14, 15, 16 y 17 contienen un valor de origen, real: W_0 , a diferencia de la ecuación 6 (la de uso generalizado) que requiere estimar estadísticamente t_0 . La misma diferencia se establece entre las ecuaciones 1 y 2.

Un buen ajuste al crecimiento en peso es indispensable para aplicar el método de Allen, sobre todo en los casos de pelágicos menores como la anchoveta, entre los cuales una diferencia de sólo unos cuantos gramos o unos cuantos milímetros resulta por demás significativa. Así, que la edad óptima de captura (t_{op}) para la pesquería mexicana de Engraulis mordax, sea mayor, pero muy cercana al primer año de vida, resulta completamente congruente con la forma específica de crecimiento y con la alta mortalidad natural de la especie.

Sin embargo, este criterio de optimización por sí sólo no permite asegurar tasas de natalidad suficientes para la reposición de la biomasa poblacional. Cuando la anchoveta cumple un año de edad, alrededor del 25% maduran sexualmente para reproducirse; a los dos y tres años de edad el 50% maduran; sólo a partir de los cuatro años de vida el 100% lo hace (Clark y Phillips, 1952; Baxter, 1967; Hunter y Macevitz, 1980).

La talla L_{op} correspondiente a la edad óptima, aunque es mayor, es muy próxima a la vigente talla mínima de captura en la pesquería mexicana: 100mm de longitud patrón (Tabla III). De tal modo, la actual medida regulatoria es bastante adecuada en términos de rendimiento económico, al menos para el corto plazo. Sin embargo, a mediano plazo existen razones suficientes para suponer cierta disminución en la capacidad de renovación de la población y, por tanto, mayor fragilidad ante eventos oceanográficos destructivos. Y es que la explotación pesquera ha transformado la estructura de edades de la población, convirtiendo a las edades cero y uno las principales sostenedoras actuales de la pesquería y de la reproducción. Anteriormente, las edades dos y tres presentaban las mayores frecuencias de aparición en las capturas de la pesquería mexicana (Tabla IV).

La norma de talla mínima de captura se aplica cerrando aquellas zonas de pesca en las que, y cuando, aparecen más del 30% de individuos menores de 100mm de longitud patrón en la composición de las capturas. Ello equivale a reducir el número de individuos sexualmente maduros de un año de edad, del 25% al 17.5%, sin considerar que la mayor parte de los individuos mayores de 100mm y menores de 126.5mm (talla a los 2 años de edad) que sí pueden ser capturados legalmente, presentan por igual esta pequeña frecuencia de madurez sexual, frecuencia que disminuye conforme aumentan sus capturas.

Debido a que la disponibilidad del recurso en aguas mexicanas se ha reducido significativamente durante los últimos 7 años, sobre todo a partir del "Niño" de 1983, las tasas de explotación han disminuido también (González-Dávila, 1989), lo que explica -

TABLA IV. Composición por edades en las capturas de la pesquería mexicana 1975-1987.

		Porcentajes					
edad:		0	1	2	3	4	5+
1975	a/	3.25	12.94	24.74	40.97	14.93	3.16
1976	b/	29.50	12.30	17.30	27.40	12.30	1.20
1977	b/	11.90	28.60	16.80	23.50	15.70	3.50
1978	c/	30.18	12.05	51.04	3.06	2.39	1.27
1979		13.09	64.54	15.89	6.06	0.36	0.06
1980		17.15	38.54	39.46	3.92	0.93	0.00
1981	a/	7.58	52.02	27.67	11.82	0.87	0.04
1982		24.88	25.53	37.05	10.69	1.81	0.03
1983		20.34	70.51	7.62	1.54	0.00	0.00
1984		47.70	40.77	10.52	0.81	0.20	0.00
1985		42.84	27.66	22.01	6.56	0.87	0.07
1986		30.62	56.29	9.01	3.10	0.86	0.13
1987		34.43	38.15	20.32	5.48	1.03	0.60

a: Con base en muestreos de los cuatro trimestres del año

b: Con base en muestreos del último trimestre del año

c: A partir de este año con base en muestreos de los tres últimos trimestres

FUENTES: 1975-1985 Methot (1986); 1986 Methot y Lo (1987); 1987 Lo y Methot (1988).

que, no obstante lo expuesto en los dos párrafos anteriores (y gracias a condiciones oceanográficas favorables también), la biomasa de la población central de anchoveta norteña se haya recuperado relativamente (Methot, 1986; Methot y Lo, 1987; Lo y Methot, en prensa). El volumen de las capturas de la temporada 1988 ha sido moderado (101 mil tm), equivalente a una tasa de explotación de sólo 10% (González-Dávila, 1989), lo que mantiene una situación favorable para la recuperación de la población central; por el contrario, y a pesar de la norma de talla mínima de captura, alrededor del 70% de los individuos capturados durante 1988 han sido menores de 100mm, la mayor parte de ellos de alrededor de 85mm de longitud patrón: estos jamás maduraron y jamás se reprodujeron.

Tanto por las características reproductivas de la especie, como por los problemas prácticos para administrar la norma regulatoria de talla mínima, la actual resulta insuficiente desde el punto de vista preventivo para asegurar en el futuro rendimientos sostenibles de no menos de 150 mil tm por temporada (lo que no ha sucedido más que una sola vez desde 1983). Hace casi diez años un grupo de investigadores pesqueros mexicanos propusieron 117mm como talla mínima de captura (Villamar et al., 1979), sin embargo, esta talla resulta excesiva, pues no obstante los rendimientos esperados de acuerdo a la ecuación 20 son sólo 8% menores que el máximo (Tabla III), la aparición de más del 30% de individuos menores de 117mm es tan frecuente en virtud de que las tallas promedio en las capturas se sitúan alrededor de los 100.8 mm (Tabla I), que adoptar esta medida equivale casi a veda total.

Lo que se requiere es fortalecer la medida regulatoria que tiene como objetivo propiciar que los juveniles e individuos que

recién cumplen su primer año de vida, sobrevivan a la pesca para reproducirse al menos una vez. A la vista de la curva de biomasa (Figura 4), puede observarse que el rendimiento que se obtiene con individuos de edad t' (de talla promedio 100mm), puede igualmente obtenerse con individuos de edad t'' (de talla promedio 104.4mm), (Figura 4, Tabla III); por lo que incrementar en esta proporción la talla mínima legal no tiene un efecto reductor en el volumen de las capturas, mientras que sí ofrece un mayor margen de supervivencia a los individuos que se reproducen por primera y quizás única vez en su vida, y se ajusta mejor a las posibilidades prácticas de la administración pesquera para la aplicación de una norma regulatoria de talla mínima, en una pesquería cerquera de pelágicos menores masivos.

Prácticamente, se propone que la talla mínima legal de captura se modifique a 105mm (ciento cinco milímetros) de longitud patrón o estándar.

"Edad óptima y talla mínima de captura para Engraulis mordax"

LISTA DE SÍMBOLOS Y SU SIGNIFICADO (para evitar confusiones)
(en orden de aparición)

M	(eme) mayúscula
F	(efe) mayúscula
L _∞	(ele infinito) mayúscula
W _∞	(doble vinfinito) -dobieú mayúscula
K	(ka) -minúscula
t ₀	(te subcero) minúscula
Z	(zeta) -mayúscula
H	(hache) -mayúscula
a	(ese) minúscula
K	(Ka) mayúscula, solamente aparece tres veces, no confundir
m	(eme) minúscula con k minúscula
L _t	(ele subte) -mayúscula y minúscula
L ₀	(ele subcero) -mayúscula
e	(e) minúscula, corresponde a la base de la función exponencial, es decir: $e^x = \exp(x)$
a	(a) minúscula
r	(erre) minúscula, exponente
∞	(infinito) excepto una vez en el texto y una en la Tabla III, las demás veces es subíndice
ln	(ele ene) minúsculas, logaritmo natural
t ₁	(te subuno) minúscula
t _{1+n}	(te subuno más ene) minúsculas
n	(ene)
t+1	(te más uno) minúscula
t+½	(té más un medio) minúscula
N _t	(ene subte) mayúscula y minúscula
N ₀	(ene subcero) mayúscula
N _v	(ene subdoblev) mayúscula y minúscula
∈	(signo que se lee: elemento de...)
{ }	(llaves paréntesis que significan conjunto o intervalo)
R _t	(be subte) mayúscula y minúscula
t _{op}	(te subóptima) minúsculas
v _{op}	(doblev subóptima) minúsculas
B _{max}	(be submáxima) mayúscula y minúsculas
L _{op}	(ele subóptima) mayúscula y minúscula
t'	(te prima) minúscula
t''	(te bprima) minúscula

BIBLIOGRAFIA

- AHLSTROM, E.H. 1964. Kinds and Abundance of Fishes in the California Current Region Based on Egg and Larval Surveys. CalCOFI Rep., Vol X: 31-52.
- ALLEN, K.R. 1951. The Horokiwi Stream: a study of a trout population. N.Z. Mar. Dep. Fish. Res. Div. Bull. New Ser. 10:231p.
- BARANOV, F.I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries. Nauchn. Issled. Ikhtologicheskii Inst. Izv. 1:81-128.
- BAXTER, J.L. 1967. Summary of Biological Information on the Northern Anchovy Engraulis mordax, Girard. CalCOFI Rep. Vol XI:110-116.
- BAYLIFF, W.H. 1967. Growth, Mortality and Exploitation of the Engraulidae, with Special Reference to the Anchoveta Cetengraulis mysticetus, and the Colorado, Anchoa naso, in the Eastern Pacific Ocean. Bull. Inter. Am. Trop. Tun. Comm. 12:365-432.
- von BERTALANFFY, L. 1938. A Quantitative Theory of Organic Growth -- (Inquiries on Growth Laws. II). Hum. Biol., May Vol. -- 10(2): 181-213.
- BEVERTON, R.J.H. 1954. Notes on the Use of Theoretical Models in the Study of the Dynamics of Exploited Fish Populations. U. S. Fish. Lab., Beaufort, N.C., Misc. Contr. 2:159p.
- 1963. Maturation, Growth and Mortality of Clupeid and Engraulid Stocks in Relation to Fishing. Cons. Perm. Int. Exp. Mer. Rapp. Proces-verb. Réun., 154:44-67.
- BEVERTON, R.J.H. y S.J. Holt. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Inv. (Ser. 2) 19:533p.
- CLARK, F.N. y J.B. Phillips. 1952. The Northern Anchovy (Engraulis mordax) in the California Fishery. Calif. Fish. Game -- 38(2):189-207.
- COTA, A., A. Díaz de León, W. García, M.L. Granados, O. Pedrín, A. Barrera y J.A. Figueroa. 1986. Análisis de los efectos de la explotación sobre la anchoveta Engraulis mordax Girard (1856) mediante el uso del Método de Análisis de Cohortes. -- SEPES, Inst. Nac. Pesca, CRIP Contr. Biol. Tec. Pesq. 1:1-16.
- CHAPMAN, D.G. y D.S. Robson. 1960. The Analysis of a Catch Curve. Biometrics, 16:354-368.
- EDSER, T. 1908. Note on the Number of Plaice at each Length, in certain Samples from the southern part of North Sea, 1906. -- J.R. Stat. Soc. 71:686-690.
- FORD, E. 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924-1933. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 19:305-384.
- GARCIA, W., A. Cota, A. Barrera, A. Luévano, O. Pedrín, M.L. Granados y J.A. Figueroa. 1986. Análisis de la Pesquería de Anchoveta Engraulis mordax durante el periodo de 1979-1984. -- SEPES, Inst. Nac. Pesca, CRIP Contr. Biol. Tec. Pesq. 1:42-53.
- GARCIA, W. et al. 1988. Boletín Anual Temporada 1987. Inst. Nac. Pesca, CRIP Prog. Anch. Inf. Int.:13p.
- GIRARD, C.F. 1856. Fishes Collected by Dr. A.L. Heerman, Naturalist Attached to the Survey of the Pacific Railroad Route, under Lieut. R.S. Williamson. U.S.A. Proc. Ac. Nat. Sci. Phil. -- (1854) 7:129-156.
- GONZALEZ-DAVILA, G. 1989. Informe Técnico de la Pesquería de Anchoveta de Baja California, México, 1982-1988. (Síntesis Ejecutiva 1989). SEPES, Inst. Nac. Pesca, Doc. Int.:12p.
- GULLAND, J.A. 1964. Manual of Methods for fish population analysis. FAO (Food Agric. Organ. U.N.) Fish. Tech. Pap. 40:1-60.

- HEINCKE, F. 1913. Investigations on the plaice. General Report. 1. Plaice fishery and protective regulations. Part I. Rapp. P.V.Reun.Cons.Perm.Int.Explor. Mar 16:67p.
- HUNTER, J.R. 1977. Behavior and survival of Northern Anchovy Engraulis mordax larvae. CalCOFI Rep. Vol.XIX:138-146.
- HUNTER, J.R. y K.M. Coyne. 1982. The onset of schooling in Northern Anchovy, Engraulis mordax. CalCOFI Rep. Vol.XXIII:246-251.
- HUNTER, J.R. y B.J. Macewicz. 1985. Measurements of spawning frequency in multiple spawning fishes. NOAA Tech.Rep. NMFS 36:79-94.
- HUXLEY, J. 1932. Problems of relative growth. Methuen & Co. London.
- KRAMER, D. y E.H. Ahlstrom. 1968. Distributional atlas of fish larvae in the California Current region: Northern Anchovy - Engraulis mordax Girard, 1951 through 1965. CalCOFI Atlas 9:1269p.
- KRAMER, D. y J.R. Zweifel. 1970. Growth of anchovy larvae (Engraulis mordax) in the Laboratory as influenced by temperature. CalCOFI Rep. Vol. XIV.
- LASKER, R. 1975. Field Criteria for Survival of Anchovy Larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish.Bull. Vol. 73(3): 453-462.
- LASKER, R., H.M. Feder, G.H. Ruelacker y R.C. May. 1970. Feeding, growth and survival of Engraulis mordax larvae reared in the Laboratory. Mar.Biol. Vol. 5(4)Apr.:345-353.
- LEHNINGER, A.L. 1978(4r). Biochemistry. Worth Publ.Inc. U.S.A. - 1104p.
- LO, N.C.H. y R.D. Methot. 1989. Spawning Biomass of the Northern Anchovy in 1988. CalCOFI Rep. (in press).
- LOPEZ-VEIGA, E.C. 1979. Fitting von Bertalanffy growth curves in short-lived fish species. A new approach. Inv.Pesq. 43(1): 179-186. Apr.
- MACCALL, A.D. 1974. The mortality rate of Engraulis mordax in the southern California. CalCOFI Rep. Vol. XVII:131-135.
- MALICOATE, D.L. y R.M. Parrish. 1981. Seasonal growth patterns of California Stocks of Northern Anchovy, Engraulis mordax, Pacific Mackerel, Scomber japonicus, and Jack Mackerel Trachurus symmetricus. CalCOFI Rep.Vol. XXII: 69-81.
- MARGALEF, R. 1977. Ecología. Ed. Omega, Barcelona, España:951p.
- METHOT, R.D. 1986. Synthetic Estimates of Historical Abundance and Mortality for Northern Anchovy, Engraulis mordax. NMFS, Southw.Fish.Cent.Adm.Rep.LJ-86-29:85p.
- METHOT, R.D. y N.C.H. Lo. 1987. Spawning Biomass of the Northern Anchovy in 1987. NMFS, Southw.Fish.Cent.Adm.Rep.LJ87-14:46p.
- MESSERMITH, J.D., J.L. Baxter y P.M. Roudel. 1969. The Anchovy - resources of the California Current Region Off California - and Baja California. Calif.Mar.Res.Comm. CalCOFI Rep. Vol. XIII:32-38.
- PAULY, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J.Cons.Intel.Expl. Mar 39(2):175-192.
- PEARL, R. y S.L. Parker. 1921. Experimental studies on the duration of life: Introductory discussion of the duration of life in Drosophila. Amer.Nat. 55:481-509.
- PUTTER, A. 1920. Studien über physiologische Ähnlichkeit. VI. Wachstumsähnlichkeiten. Pflügers Arch. 180:298p.
- RICKER, W.E. 1948. Methods of estimating vital statistics of fish populations. Indiana Univ.Publ.Sci.Ser. 15:101p.
- . 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Fish.Res.Bd.Can.Bull. 191:382p.

- SCHAEFER, M.B. 1972. Dynamics of the Fishery for the Anchoveta - Engraulis ringens, Off Peru. Bol.Inst. Mar Peru, 1(5):192-203.
- SQUIRE, J.L. Jr. 1972. Apparent Abundance of Some Pelagic Marine Fishes Off the Southern and Central California Coast as Surveyed by an Airborne Monitoring Program. Fish.Bull.U.S. 70:1005-1119.
- TEISSIER, G. 1937. Les Lois quantitatives de la croissance. Act. Scient. Indust. Hermann, Paris.
- VILLAMAR, A. et al. 1979. Análisis y Propuesta Nacional sobre - la Administración de la Pesquería de Anchoveta. Doc.Int.Dep. Pesca, Dir.Gral.Inst.Nac. Pesca:224p.
- VROOMAN, A.M., P.A. Paloma y J.R. Zweifel. 1981. Electrophoretic Morphometric and Meristic studies of subpopulations of Northern Anchovy, Engraulis mordax. Calif.Fish Game 67(1):39-51.
- WALFORD, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol.Bull. 90(2):141-147.