

Análisis de la pesquería de pelágicos menores durante la temporada de pesca de 1993 en la costa occidental de Baja California, México

Walterio García-Franco, Alfredo Cota-Villavicencio, María Luisa Granados-Gallegos, Francisco Javier Sánchez-Ruiz

Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada, INP. Apdo. Postal #1306 Ensenada, B.C. México

GARCÍA-FRANCO, W.; A. Cota V.; M.L. Granados G.; F.J. Sánchez R. 1995. Análisis de la pesquería de pelágicos menores durante la temporada de pesca 1993, en la costa occidental de Baja California, México. *INP-SEMARNAP. Ciencia Pesquera No. 11 (Nueva Época)*.

Se compara la temporada de pesca de 1993 con las de años pasados. En este año se capturaron 40,234 t, de las cuales 79.63% fueron de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), el 19.24% de macarela (*Scomber japonicus*), 0.7% de anchoveta (*Engraulis mordax*) y el resto de otras especies. El total del esfuerzo pesquero durante esta temporada fue de 1,035 viajes con captura. Las tallas de captura de sardina monterrey fueron superiores a 17.0 cm de longitud patrón (LP); y las de macarela 36.6 cm LP. La tasa de explotación (E) y la mortalidad por pesca (F) de sardina monterrey fueron $E = 0.42$ y $F = 2.57$, y las de macarela $E = 0.49$ y $F = 2.20$. Con base en esto, se sugiere mantener los niveles actuales de explotación de ambas especies.

The fishing season of 1993 is compared to those of previous years in the western coast of Baja California. During this year 40,234 mt were captured; 74.63% of Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*), 19.24% of Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) and 0.70% of Northern anchovy (*Engraulis mordax*). The total fishing effort register during the season was 1,035 trips. The sizes of the sardine were longer than 17.0 cm of standard length (SL) meanwhile the Pacific mackerel were 36.6 cm of SL, and longer. The fishing mortality and exploitation rate for the Pacific sardine were $F = 2.57$ and $E = 0.42$, and $F = 2.20$ and $E = 0.49$ for the Pacific mackerel. Based on this, it is suggested to maintain the actual exploitation rate for both species.

Introducción

Las poblaciones de pelágicos menores de la costa oriental del Pacífico han tenido grandes fluctuaciones en el tiempo, en escalas que van desde la geológica hasta la anual y estacional. Estas variaciones se han registrado a través de las capturas y mediante el análisis de escamas colectadas en sedimentos anóxicos, que han evidenciado una gran variabilidad en los últimos 2,000 años (Baumgartner *et al.*, 1992).

Aun cuando los cálculos de biomasa pudieran ser exageradas por errores en la calibración de las tasas de depositación en relación con la biomasa existente en el tiempo, indican que las variaciones en las poblaciones de clupeidos han sido una característica permanente, debido tanto a la explotación pesquera como a cambios ambientales, físicos y biológicos, considerando estos últimos en función de las interacciones de las especies del ecosistema.

En este siglo se distinguen dos períodos: el primero, con un incremento en la abundancia de las poblaciones de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) durante las primeras tres décadas, estimándose durante los años 30 una biomasa de 3'600,000 t (Murphy, 1966) y una caída a menos de 6,000 t en los 60 y 70 (Barnes *et al.*, 1992); en el segundo se detectó, a principios de los 80, un nuevo crecimiento de menor magnitud que se ha sostenido hasta la fecha, estimándose una biomasa actual de 340,000 t (Smith *et al.*, 1992, y Barnes *et al.*, *op. cit.*).

El crecimiento observado en la población de sardina monterrey en el último período ha sido lento y no ha alcanzado los niveles registrados en décadas pasadas; sin embargo, ha sostenido la producción pesquera regional, ha contribuido a mantener el empleo y ha incrementado notablemente los insumos destinados a la industria enlatadora (García *et al.*¹).

En el caso de la anchoveta (*Engraulis mordax*) también se han registrado grandes cambios. Se obtuvieron capturas importantes a partir de la década de los 50 con un crecimiento acelerado que alcanzó una biomasa de 1,720,000 t en los 70 (Lo y Methot, 1989). El auge económico producido por este hecho propició el desarrollo de la industria reductora

¹ GARCÍA-FRANCO, W., A. Cota V. y F. J. Sánchez-Ruiz Análisis de la pesquería de sardina monterrey y macarela durante la temporada de 1992 en la costa noroccidental de Baja California, México. INP-SEMARNAP.

a escala nacional. Hacia finales de los 80 la pesquería de anchoveta empezó a declinar hasta casi ser sustituida por la de sardina monterrey, según se ha reflejado en los volúmenes de captura (García *et al.*¹). La macarela del Pacífico (*Scomber japonicus*) apareció en las capturas en 1983 y de manera importante a partir de 1990, contribuyendo junto con la sardina monterrey al sostenimiento de la industria local.

Material y métodos

La información utilizada en este trabajo incluye datos de: captura comercial (toneladas desembarcadas), esfuerzo (viajes de pesca) y áreas de pesca, que se obtuvieron de las bitácoras obtenidas de la flota pesquera y, como complemento, la proporcionada por las plantas procesadoras. Los datos biológicos, que comprenden la estructura por tallas, sexos, peso, e índices de madurez gonádica, se determinaron a partir de muestras tomadas directamente de las bodegas de las embarcaciones, en forma aleatoria.

La información sobre estructura por tallas comprende las temporadas de pesca de 1989 a 1993, analizadas mediante el paquete computacional denominado FISAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tool) a partir de la frecuencia de tallas. Este paquete maneja los programas desarrollados por Pauly (1990) y Gayanillo *et al.* (1988). En el Anexo I se pueden observar los pasos básicos de su funcionamiento. Se calcularon los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, con edades relativas estimadas por el mismo paquete:

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

Donde:

L_t = Longitud determinada

L_∞ = Longitud asintótica

k = Constante de crecimiento (anualizada)

t_0 = Valor inicial del tiempo de crecimiento

A partir de la ecuación empírica de Pauly se estimó la mortalidad natural (M) de sardina y macarela de la siguiente forma (Pauly, 1990, *op. cit.*; 1988):

$$\ln M = 0.0066 - 0.279 \ln L + 0.6543 \ln k + 0.463 \ln T^\circ$$

Donde: $T^\circ C$ = Temperatura anual promedio en el área de pesca

Para el cálculo de mortalidad total (Z) se utilizó el algoritmo desarrollado por Beverton y Holt (1963):

$$Z = \frac{L_\infty - \bar{L}_c}{L_c - L_c} k$$

donde \bar{L}_c = longitud media de la captura total; y

L_c = longitud de primera captura o L_{50}

A partir de los valores de Z y de M se calculó la tasa de mortalidad por pesca $F = Z - M$.

Para estimar el rendimiento por recluta en ambas pesquerías (sardina y macarela) se aplicó el mismo modelo de Beverton y Holt (1963) a partir de la frecuencia de tallas, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Y/R = FAW[(1/z) - (3U/z+k) + (3U^2/z+2k) - (3U^3/z+3k)]$$

Donde: $U = 1 - L_c/L_r$

$A = [(L - L_c)/L - L_r]^{M/K}$

L_r = Longitud de reclutamiento

W = Peso en gr.

K = Parámetro de crecimiento

F = Mortalidad por pesca

Aplicando el modelo de cohortes o análisis de población virtual (APV) se calculó la abundancia histórica de las cohortes y la tasa de mortalidad por pesca, de manera independiente de los cambios en el esfuerzo pesquero, tanto en el caso de sardina como en el de macarela. A partir del modelo de Thompson y Bell se efectuó una simulación de estas pesquerías, tomando como base diferentes tasas de mortalidad por pesca y de esfuerzo, lo que permitió establecer varios niveles de rendimiento por recluta (Y/R) y de biomasa por recluta (B/R).

Resultados

Las capturas registradas durante la temporada de 1993 en Ensenada, B.C. fueron de 40,243 t, de las cuales el 79.63% (32,044.9 t) fueron de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), el 19.24% (7,741.3 t) de macarela (*Scomber japonicus*), el 0.70% (283.7 t) de anchoveta (*Engraulis mordax*), el 0.4% de bonito (*Sarda chiliensis*), y el 0.001% (4.5 t) al charrito (*Trachurus symmetricus*), (Tabla 1).

Durante la temporada de 1993 (enero a diciembre) las capturas de pelágicos menores en la zona de estudio disminuyeron un 34.3% en relación con el mismo período de 1992.

En relación con la distribución de las capturas en la zona de pesca, el 72.2% se capturó en el área II, frente a Ensenada, B.C., entre Punta Salsipuedes y Punta Santo Tomás; el 22.4% se obtuvo en el área I, entre la frontera con los EUA y Punta Salsipuedes; el 3.2% en el área III, entre Punta Santo Tomás y Punta Colonet; y el 2.2% en el área IV, entre Punta Colonet y San Quintín. No se registraron capturas en el área V, que se ubica entre San Quintín y Punta Baja (Fig. 1, Tabla 2).

La flota que participó en la explotación de pelágicos menores en 1993 fue de 17 embarcaciones, que para su análisis se agruparon en cuatro categorías según su capacidad de acarreo (CA). El 15.0% pertenecen al grupo I, que comprende a las más pequeñas, con capacidad hasta de 75 t; el 45.0% al grupo II (de 76 a 150 t) y el 40.0% al grupo III (de 151 a 225 t). El grupo IV, que agrupa a las

Tabla 1. Captura (t), mensual por especies, de enero a diciembre de 1993, en la Costa Occidental de Baja California, México.

Mes	mac.	sardina	anch.	bonito	charr.	Capt./mes	Capt. Ac.	E	C/E
ENE	--	1,751.5	--	--	--	1,751.5	-1,751.5	55	56.7
FEB	--	2,645.9	--	--	--	2,645.9	4,397.4	57	59.4
MAR	--	5,071.9	--	--	--	5,071.9	9,469.3	126	48.2
ABR	736.5	2,416.0	--	--	--	3,152.5	12,621.8	107	44.1
MAY	21.7	3,994.2	76.2	--	--	4,092.1	16,713.9	112	39.3
JUN	624.9	2,768.6	35.3	--	--	3,428.8	20,142.7	113	80.0
JUL	2,577.6	1,961.6	--	--	--	4,539.2	24,681.9	114	51.3
AGO	1,144.9	3,746.2	--	--	--	4,891.1	29,573.0	109	59.9
SEP	2,098.6	3,174.4	--	--	--	5,273.0	34,846.0	100	82.9
OCT	520.5	2,546.4	172.0	17.6	4.5	3,261.0	38,107.7	73	44.6
NOV	--	1,195.3	--	148.8	--	1,344.1	39,451.1	38	31.5
DIC	17.6	772.9	--	1.7	--	792.2	40,243.3	30	26.4
TOTAL	7,742.3	32,044.9	283.5	168.1	4.5	40,243.3			

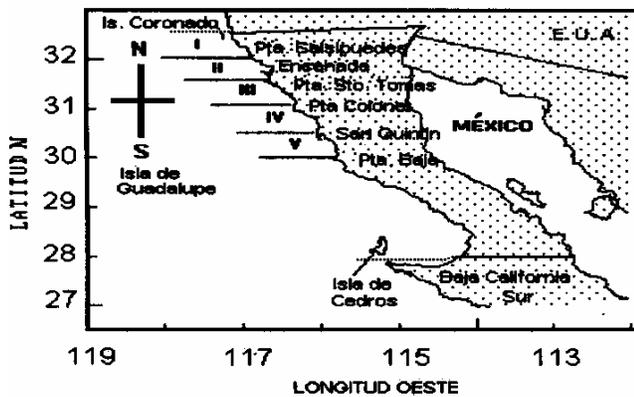


Fig. 1. Zonas de pesca de pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México.

Tabla 2. Capturas (%) por áreas en la costa occidental de Baja California, México, 1993.

Mes	I	II	III	IV	V	Total	% Ac
ENE	02	4.2	-0	-0	0	4.4	4.4
FEB	1.4	5.1	-0	-0	-0	6.5	10.9
MAR	0.5	12.0	-0	-0	-0	12.5	23.4
ABR	3.0	4.2	06	0	0	7.8	31.2
MAY	0.5	9.2	-0	0	0	9.7	40.9
JUN	2.2	6.2	0-1	-0	-0	8.5	49.5
JUL	1.0	11.6	0.4	-0	-0	13.0	62.4
AGO	7.2	3.9	-0	1.1	-0	12.2	74.6
SEP	4.4	7.3	0.4	-0	-0	12.1	86.7
OCT	0.4	5.4	1.1	1.1	-0	8.0	94.7
NOV	1.1	1.7	0.6	-0	-0	3.4	98.1
DIC	0.5	1.4	-0	-0	-0	1.9	100.0
TOTAL	22.4	72.2	3.2	2.2	-0	100.0	

embarcaciones más grandes (con capacidad de acarreo entre 226 y 300 t) no operaron durante esta temporada. Las capturas obtenidas en 1993 por cada uno de los grupos mencionados fue del 8.5% (grupo I), 36.8% (grupo II) y el 54.6% (grupo III), comportamiento muy semejante al observado la temporada anterior.

De los datos de captura de la pesquería de pelágicos menores de la costa occidental de Baja California en las últimas 13 temporadas, se observa claramente un proceso de sustitución de especies a partir de 1983, año en que reaparecen en las capturas la sardina y la macarela, que no se había detectado desde 1969. A partir de 1982 se observa una declinación paulatina de las descargas de anchoveta, que llegan a su mínimo en 1990 con la casi desaparición de ésta y su sustitución casi total por las especies antes mencionadas (Tabla 3).

Tabla 3. Capturas (t), de pelágicos menores, de 1980 a 1993, en la costa occidental de Baja California, México.

A/sp	anchoveta	sardina	macarela	Total
1980	242,907	0	0	242,907
1981	258,745	0	0	258,745
1982	174,634	0	0	174,634
1983	87,429	274	135	87,836
1984	102,931	0	128	103,059
1985	117,192	3,722	2,582	123,496
1986	93,547	243	4,883	98,673
1987	124,482	2,432	2,082	128,996
1988	79,495	2,035	4,484	86,014
1989	81,810	6,224	13,387	101,721
1990	99	11,375	35,767	47,241
1991	831	31,391	17,450	49,672
1992	2,324	34,568	24,345	61,237
1993	284	32,045	7,741	40,243

Como se ha señalado en otros estudios, este proceso de sustitución de especies ocurre de igual manera en otras regiones del planeta, en donde estos eventos se han presentado en forma sincrónica, lo cual se ha asociado tanto a los efectos provocados por la explotación como a cambios ambientales. Aparentemente éstos son los que regulan este conjunto de fenómenos conocidos como "Problema del Régimen" (Lluch *et al.*, 1989).

Al analizar la estructura por tallas de sardina monterrey de 1989 a 1993 se observan variaciones significativas en la talla promedio anual. De 1989 a 1990 la media aumenta de 19.5 a 22 cm LP y de 1990 a 1991 se observa una pequeña reducción de 22.5 cm a 21.5 cm de LP; de 1991 a 1992 se reduce nuevamente de 21.5 a 19.5 cm, en tanto que en 1993 permanecen igual. En 1993 la talla mínima fue de 11.5 cm y la máxima de 29.5 cm (Fig. 2).

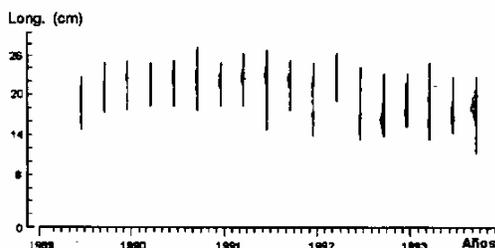


Fig. 2. Intervalos de tallas de la captura de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), desembarcada de 1989 a 1993 en Ensenada, B. C. México.

En el caso de la macarela, la talla promedio anual se ha mantenido alrededor de los 35.0 cm de longitud patrón (LP), con pequeños incrementos en cada temporada. La talla mínima capturada fue de 19.5 cm. y la máxima de 46.5 cm. de LP, y se observó la presencia de individuos juveniles de mayo a julio. Los juveniles de sardina monterrey se presentaron de octubre a diciembre (Fig. 3).

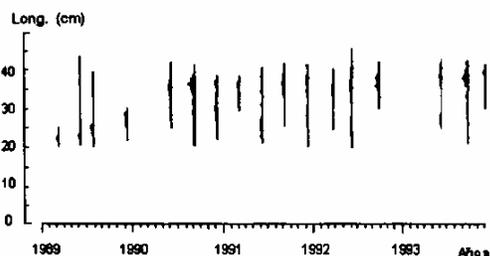


Fig. 3 Intervalos de tallas de la captura comercial de macarela (*Scomber japonicus*), de 1989 a 1993, Ensenada, B. C. México.

Los parámetros del crecimiento (L_{∞} , k y t_0), de von Bertalanffy fueron calculados utilizando los datos de 53 meses de frecuencia de tallas de sardina monterrey, y 42 meses (de marzo de 1989 a diciembre de 1993) en el caso de macarela. Los resultados fueron los siguientes:

$L_{\infty} = 28.555$, $k = 0.690$ y $t_0 = -0.150$ en sardina monterrey y para macarela fueron $L_{\infty} = 49.480$, $k = 0.281$ y $t_0 = -1.165$ (García *et al.*¹). Parrish y MacCall (1978) obtuvieron $L_{\infty} = 40.46$ y $k = 0.22$ en macarela. La mortalidad natural (M) de sardina fue de 1.22 y la de macarela 0.58. A partir de la curva de captura se calcularon de ambas especies la tasa de mortalidad total (Z) anualizada, la mortalidad por pesca ($F = Z - M$) y la tasa de explotación ($E = F/Z$), cuyos valores se presentan en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Tasa de explotación (E) y mortalidad natural (M) y por pesca de la sardina (*Sardinops caeruleus*) y macarela (*Scomber japonicus*) costa occidental de Baja California, México.

Sp	M	F	Z	E
Sardina				
(1992)	1.22	0.63	1.85	0.340
(1993)	1.22	2.57	3.98	0.426
Macarela				
(1992)	0.58	2.11	2.69	0.780
(1993)	0.58	2.20	3.34	0.493

Tabla 5.- Parámetros del crecimiento de macarela (*Scomber japonicus*), en distintas áreas de pesca de Baja California, México.

AUTOR/AÑO	L_{∞}	K	AREA
Parrish and MacCall (1978)	40.46	0.22	Costa Occ., de B.C., México
García, F. W.	49.48	0.28	Costa Occ., de

Las tasas de explotación de las pesquerías de sardina y macarela fueron de $E_{0.5} = 0.426$ y de $E_{0.5} = 0.493$, respectivamente, que son razonables si se considera que Parrish y MacCall (1978) obtuvieron tasas máximas de 0.70 y 0.75 en sardina y macarela, respectivamente.

Para el análisis de biomasa y rendimiento por recluta se utilizaron los valores de L_{∞} , M/k y L_c , y se obtuvieron diferentes tasas de rendimiento, mortalidad por pesca, tallas de explotación. En el caso de la pesquería de sardina monterrey se considera necesario mantener la tasa de explotación y las tallas actuales de captura (de 17.0 cm) para lograr el máximo rendimiento sostenible (Fig. 4).

En cuanto a la pesquería de macarela, la talla de explotación actual es de 36.6 cm y se considera que se deben mantener las tallas de captura y la tasa de explotación actuales (Fig. 5).

Aplicando el modelo de Thompson y Bell, que utiliza los valores estimados a través del análisis de cohortes (APV), se generan recomendaciones en las tallas de captura y en las tasas de explotación mediante el cálculo de la tasa de mortalidad por pesca. Así, resulta recomendable mantener el esfuerzo pesquero actual sobre sardina monterrey y macarela, lo cual no afectará la capacidad de reposición de la población y permitiría mantener su

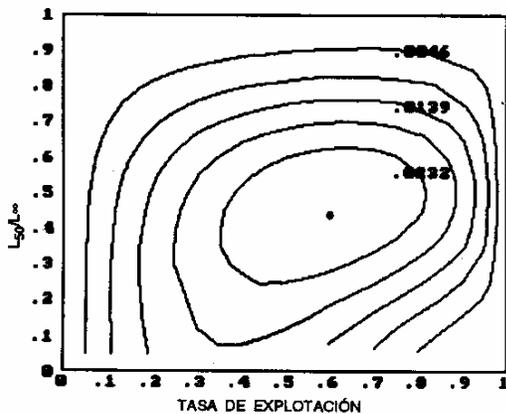


Fig. 4. Isoplethas de rendimiento en equilibrio de la pesquería de sardina monterrey. (*Sardinops caeruleus*).

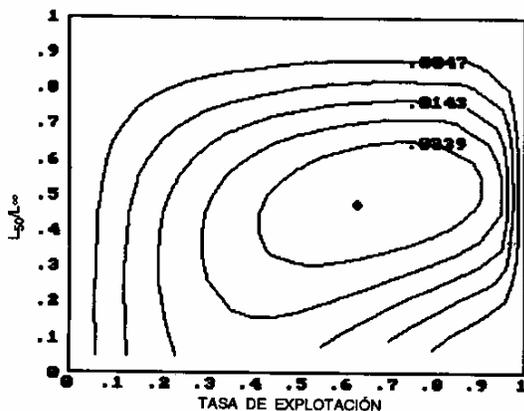


Fig. 5. Isoplethas de rendimiento de macarela (*Scomber japonicus*).

ritmo de crecimiento actual. Se estima una captura máxima sostenible de sardina monterrey de 35,583 t y 25,540 t de macarela.

La captura obtenida se ha orientado a la industria productora de harina y aceite, así como a la elaboración de productos enlatados para consumo humano directo. En ambos casos, en 1993 se registró una baja en sus insumos del 19.3% en la industria enlatadora y de 41.5% en la reductora, en relación con los de 1992.

No obstante que en 1993 se registró una caída de las capturas en un 34.3%, el empaque ha aumentado notablemente en los últimos cinco años, pasando del 32.3% en 1992 al 39.7% en 1993, lo que coincide con el incremento en las capturas de sardina y macarela.

Discusión

Los datos de captura manejados por el Instituto Nacional de la Pesca en la costa occidental de Baja California en las

últimas cuatro décadas, han contribuido a documentar los procesos de sustitución de especies en dos períodos. El primero abarca la baja abundancia de sardina monterrey a finales de los años 60 y al mismo tiempo el incremento gradual de las capturas de anchoveta, las que alcanzan sus máximos niveles a principios de los 80, su declinación y casi desaparición a principios de los 90, así como el resurgimiento de la pesquería de sardina monterrey a partir de 1983. Esto es consecuencia de una serie de factores climáticos que afectan en forma diferente a cada una de las especies que componen el sistema, que combinados con los efectos de la explotación comercial aceleran estos procesos de sustitución.

Los viajes de pesca exitosos de sardina monterrey en 1993 no sufrieron grandes cambios, pero en la macarela se redujeron notablemente, debido a una baja disponibilidad en la zona de pesca, lo que se reflejó en una baja en las capturas, particularmente en los primeros y los últimos meses del año. Esta situación contribuyó a una disminución en las capturas en un 34.3% en 1993 en relación con 1992, debido a cambios de carácter económico que están relacionados con la importación de harina de pescado de América del Sur y que afectan el mercado nacional, aunado a los cambios ambientales que afectan la disponibilidad del recurso en las áreas de pesca y alteran los procesos de reclutamiento.

La mortalidad por pesca (F) de ambas pesquerías ($F = 2.57$ en sardina y $F = 2.20$ en macarela) registró un incremento en 1993 respecto de 1992. En ambos casos las capturas fueron principalmente de individuos adultos totalmente reclutados.

La tasa de explotación de sardina monterrey en 1993 fue mayor que en 1992 ($E_{0.5} = 0.448$ y $E_{0.5} = 0.426$, respectivamente). Se considera que ambas son altas. La tasa de explotación de la macarela se mantuvo casi en los mismos niveles en 1992 y 1993 ($E_{0.5} = 0.498$ y $E_{0.5} = 0.493$, respectivamente), que también se consideran elevadas. Las tallas de captura de sardina de 1989 a 1993 fueron superiores a los 17.0 cm LP y comprende individuos de dos años o más, y esto se considera conveniente para la pesquería. Igualmente en el caso de macarela, cuyas tallas de captura fueron de 36 cm LP o mayores. Por otro lado, convendría mantener los niveles de captura actuales en ambos casos.

Referencias bibliográficas

- BARNES, J.T., L. D. Jacobson, A.D. MacCall and P. Wolf. 1992. Recent population trends and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*). *Calif. Coop. Oceanic Fish Invest. Rep.* 33:60-65.
- BAUMGARTNER, T.R., A. Soutar, y V.M. Ferreira. 1992. Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy population over the past two millennia from sediments of Santa Barbara Basin, California. *CALCOFI Rep.* Vol. 33 pp 34-40.

BEVERTON, R.J.H. 1963. Maturation, growth and mortality of Clupeid and Engraulid stock in relation to the fishing. In. Parrish R. (Ed.) Contrib. to Herring Symp. 1961. *Repp. et Procés Vervaux des Reunions, Cons. Explor Mer*, 154:44 - 67.

GAYANILLO, F.C., M. Soriano y D. Pauly. 1988. A draft guide Complete ELEFAN. *ICLARM Software project 2*.

HOLT, S.J. 1959. A preliminary comparative study of the growth, maturity and mortality of sardine. *Proc. World Sci. on the biology on the sardine and related species, Subject. Synopsis (4)*, 5 pp.

LLUCH B., D.; R.J.M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R. H. Parrish, R. Schwartzlose and P. E. Smith. 1989. World wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: The Regime Problem. *South Africa J. Mar.* (8):195-205.

Anexo I

PROGRAMA FISAT

Lectura de datos
(Frecuencias de tallas)



Análisis de Tallas
(Identificación de Modas)



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



Mortalidad
 $M = 0.0152 - 0.269 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln k + 0.463 \ln T$
°C

$$Z = \frac{L_{\infty} - \bar{L}_c}{\bar{L}_c - L_c} k$$

$$F = Z - M$$



APV
(Serie Histórica de N_t y F)



Cálculo de
Y/R y Y/B

$$Y/R = FAW \infty [(1/z) - (3U/z+k) + (3U^2/z+2k) - (3U^3/z+3k)]$$



Simulación
(Modelo Thompson y Bell)