

Diagnóstico de la pesquería de peces pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México

García-Franco, Walterio; Alfredo Cota-Villavicencio y Francisco Javier Sánchez-Ruiz.

Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada. INP. A. P. 1306, CP 22760 Ensenada, BC. México. E-mail: wgarcia@telnor.net

GARCÍA-FRANCO, W.; A. Cota-Villavicencio y F. J. Sánchez-Ruiz. 2001. Diagnóstico de la pesquería de peces pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México. *INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15*.

La pesquería de peces pelágicos menores en la costa occidental de Baja California está constituida fundamentalmente por la sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) y la macarela (*Scomber japonicus*). Para este análisis se utilizó la información generada por muestreos de la captura de 1989 a 1999. Se calculó la tasa de explotación E , la mortalidad total Z , por pesca F y natural M , dando respectivamente $E_{0.5} = 0.411$, $Z = 2.91$, $F = 1.60$ y $M = 1.19$ en la sardina monterrey y $E_{0.5} = 0.427$, $Z = 2.01$, $F = 1.53$ y $M = 0.48$ en la macarela. Se calculó una captura máxima sostenible de 63,500 t y 31,000 t, respectivamente. Durante la temporada de pesca de 1999 disminuyó la captura respecto de la temporada anterior. La sardina aportó el 80.2% y la macarela sólo el 13.9%. Fue esta última la que determinó la caída en la captura de esta temporada. El esfuerzo de pesca y el número de unidades pesqueras disminuyeron de forma paralela a las capturas. El evento "El Niño Oscilación del Sur" (ENOS) de 1997 a 1999, el más intenso del siglo, contribuyó al incremento de las tallas promedio, la abundancia y la disponibilidad de estos recursos en el área de estudio. Se recomienda que las tallas mínimas de captura sean de: 16.5 cm de longitud patrón (LP) de la sardina monterrey y 25.5 cm de LP de la macarela, lo que, de acuerdo con este análisis, permitirá una administración sana de las existencias. Se insiste en la gran variabilidad de estos recursos en espacio y tiempo en función del ambiente y la presión de pesca.

*A diagnosis of the small pelagic fisheries along the west coast of Baja California, Mexico is presented, including Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*), and pacific mackerel (*Scomber japonicus*) for the 1999 fishing season. It was estimated the exploitation rate E , total mortality Z , fishing mortality F , and natural mortality M , being for Pacific sardine: $E_{0.5} = 0.411$, $Z = 2.91$, $F = 1.60$ and $M = 1.19$, and for pacific mackerel $E_{0.5} = 0.427$, $Z = 2.01$, $F = 1.53$ and $M = 0.48$, respectively. Based on this, the MSY was estimated for Pacific sardine (63,500 t) and mackerel (31,000 t). A decrement in catches during the 1999 fishing season was observed, basically supported by the Pacific sardine with 80.2% and pacific mackerel with only 13.9%. It is also reported that the fishing effort, as well as the fishing fleet, decreased in a parallel fashion to the catch decrement during this fishing period. The observed annual fluctuation of the individual average size in the population is an indicator of the environmental changes on the population abundance and availability, which is particularly evident for the 1997-1999 fishing season as an effect of "El Niño" oceanographic event, which apparently increased the abundance of those off the west coast of Baja California, while reducing the resources off Magdalena Bay and in the Gulf of California. A minimum catch size for pacific sardine of 16.5 cm of SL, and for pacific mackerel 25.5 cm of SL, is recommend for a better management scenarios for the existing stocks.*

Introducción

Las poblaciones de peces pelágicos menores (sardina, macarela y anchoveta) han experimentado cambios notables en su distribución y abundancia en los últimos 90 años en la costa occidental y en el Golfo de California, relacionados con cambios en las condiciones oceanográficas y la presión de pesca, con altas y bajas en la biomasa disponible. A fines de los años treinta se obtuvieron capturas de alrededor de 800,000 t de sardina y de más de 300,000 t de anchoveta a principio de los años ochenta.

La explicación de estas variaciones se ha basado fundamentalmente en tres enfoques:

1. Se asume que la explotación pesquera es la principal causa de la variación de las poblaciones, por ser causa fundamental del incremento de la mortalidad y, por tanto, su magnitud determina la

capacidad de reposición de las poblaciones (Clark y Marr, 1955). Sin embargo, diversos autores han opinado que la variabilidad en la abundancia es de tal magnitud que no es posible explicarla por el solo efecto de la pesca (Clark y Marr, 1955; Radovich, 1982), aun cuando se acepta que la pesca puede acelerar un colapso o retardar su recuperación (Lluch *et al.*, 1992).

2. Los cambios poblacionales se atribuyen al problema del reclutamiento, según la hipótesis de Hjort (1914), en la cual se ha basado el trabajo de un gran número de investigadores y que se sustenta en que la supervivencia diferencial entre los estadios de huevo y larva determina en buena medida el éxito del reclutamiento y, por tanto, el tamaño de la población. En este planteamiento hay un reconocimiento implícito de que las condiciones oceanográficas juegan un papel determinante en las variaciones de la abundancia. Lasker y MacCall (1983) revisaron los mecanismos propuestos por diversos autores para explicar las varia-

ciones en la supervivencia y llegaron a la conclusión de que el elemento crítico es la disponibilidad de alimento al momento de la eclosión de las larvas. Lluch *et al.* (1991) dicen que la proporción de huevos y larvas (reflejada en el número de estaciones de muestreo positivas) es prácticamente constante entre años y que la variabilidad no se presenta en el desarrollo de huevo a larva sino que el desove en sí mismo es variable, lo cual confirmaría el planteamiento hecho por Alhstrom (1965).

3. El tercer enfoque, planteado por Lluch-Belda *et al.* (1989), se basa en que los cambios climáticos globales son los disparadores de los mecanismos que regulan la abundancia de las poblaciones, además de que no son exclusivos de esta región, ya que se presentan en todos los grandes giros oceánicos, como los de Perú, Chile, Japón, Sudáfrica, California, la costa occidental de Baja California y el Golfo de California, donde se alterna la dominancia entre la sardina y la anchoveta. Además, estas variaciones en abundancia se presentan en forma sincrónica entre las diferentes regiones del mundo (Lluch *et al.*, 1992).

Evidentemente, los cambios climáticos a escala global son causas fundamentales de los grandes cambios en la abundancia de las poblaciones de sardina y anchoveta, lo cual ha sido reforzado al analizar las escamas en sedimentos anóxicos frente a California y frente a Guaymas, Sonora en el Golfo de California, según Soutar e Isaacs (1974) y Baumgartner *et al.* (1992), quienes informan que las poblaciones sufren variaciones notables de su abundancia de manera cíclica en ausencia de pesca.

Ante la pregunta de si aun en condiciones de baja abundancia de las poblaciones se debe seguir explotando estos recursos, se ha llegado a la conclusión de que, aun cuando la respuesta depende de varios factores, en cuanto al estado del recurso no existe razón alguna para suspender la actividad pesquera en el corto o en el mediano plazos. En la mayoría de los casos, la disminución de la abundancia de algunas especies de peces pelágicos menores se debe más a variaciones naturales del ambiente que a una probable explotación inadecuada, lo cual ha sido señalado también para otras pesquerías en el mundo (Lluch *et al.*, 1992).

Entonces, el incremento de las capturas de sardina monterrey en la costa occidental de Baja California durante la temporada de pesca de 1999 se explica, en parte, por el corrimiento de la población hacia el norte como reacción a los cambios ambientales relacionados con el fenómeno climático conocido como "El Niño Oscilación del Sur" (ENOS), el cual ha provocado una caída en las capturas de sardina en el Golfo de California y en Bahía Magdalena, BCS., mientras que en la costa occidental de Baja California se registró incremento tanto en biomasa como en capturas.

La variabilidad en la talla individual en las poblaciones de sardina, macarela y anchoveta es un indicador de los cambios del medio ambiente. En los años en que se ha registrado incremento en la talla media de los individuos han ocurrido, de manera paralela, desoves intensos y reclutamientos exitosos. Por el contrario, la disminución en las tallas coincide con fallas en el reclutamiento, interrupción del desove y, en algunos casos, reducción sensible de la biomasa. Esto se ha observado particularmente en la pesquería de la sardina monterrey, lo cual se relaciona con la disponibilidad y abundancia de alimento.

Área de estudio

Las muestras y toda la información de este estudio provienen de la zona de pesca de la costa occidental de Baja California, México, subdividida arbitrariamente como sigue: área I, desde la frontera con los Estados Unidos hasta Punta Salsipuedes; área II, de Punta Salsipuedes a Punta Santo Tomás; área III, ubicada entre Punta Santo Tomás y Punta Colonet; área IV, de Punta Colonet a Isla San Martín; y área V, de Isla San Martín a Punta Baja (Fig. 1). Los análisis se llevaron a cabo en el Centro regional de Investigación Pesquera de Ensenada, del Instituto Nacional de la Pesca.

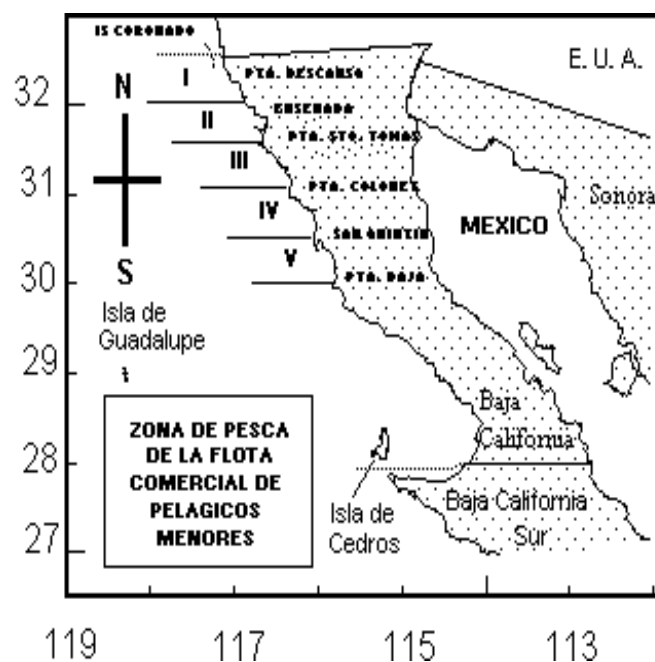


Fig. 1. Zona de pesca de la flota de pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México.

Métodos y materiales

La información utilizada proviene de los muestreos aleatorios de las capturas, bitácoras de descargas en plantas y bitácoras para el seguimiento de las operaciones de la flota en las temporadas de pesca de 1989 a 1999, particularmente esta última. Para el análisis se utilizó el paquete denominado FISAT (FAO Stock Assessment Tool), que funciona a partir de la frecuencia de tallas y en el que se compilan los programas desarrollados por Pauly (1990) y Gayanilo *et al.* (1988). Este paquete se utilizó para evaluar las poblaciones de la sardina y la macarela y calcular los parámetros de crecimiento por el modelo de von Bertalanffy con estimadores de máxima verosimilitud. De la curva de captura se derivaron los valores de mortalidad total Z , natural M y la tasa de mortalidad por pesca F . Para el cálculo del rendimiento por recluta, se aplicó el modelo de Beverton y Holt derivado de la frecuencia de tallas.

A partir del análisis de población virtual contenido en el paquete se obtuvo la abundancia histórica de las cohortes y la tasa de mortalidad por pesca, independientemente de los cambios en el esfuerzo. Finalmente, tomando como base el modelo de Thompson y Bell se efectuó una simulación de las dos pesquerías utilizando diferentes tasas de mortalidad por pesca y de esfuerzo, lo que permitió generar varios niveles de rendimiento por recluta (Y/R) y de biomasa por recluta (B/R).

Resultados

Cambios en disponibilidad y abundancia y sus causas

La captura registrada en Ensenada, BC. durante la temporada de 1999 fue de 73,023.7 t, de las cuales el 80.2% (58,569.4 t) correspondieron a la sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), el 13.9% (10,167.7 t) a la macarela (*Scomber japonicus*), el 4.8% (3,481.7 t) a la anchoveta (*Engraulis mordax*), el 1.0% (780.5 t) al charrito (*Trachurus symmetricus*) y menos del 0.1% (24.4 t) al bonito (*Sarda chiliensis*) (Tabla 1).

Al comparar la captura registrada en las dos últimas temporadas (1998 y 1999) se encontró que en 1999 cayó en un 27.0% respecto de la temporada de 1998 (73,023.7 t y 100,016.1 t, respectivamente). En cuanto a las especies dominantes en cada temporada, en la de 1998 la macarela contribuyó con el 50.7% de la captura total, en tanto que en 1999 la sardina aportó el 80.2% (García *et al.*, 1999).

Con respecto a la captura de las principales especies en las temporadas de 1998 y 1999, la de sardina se incrementó en un 18.4%, de 47,812.2 t a 58,568.4 t, en tanto que la de macarela cayó un 80.0%, de 50,726.0 t a 10,167.7 t, y finalmente la de anchoveta aumentó en un 358.4%, de 971.6 t a 3,481.7 t (Tabla 2).

La captura de peces pelágicos menores de los últimos 22 años muestra una gran variabilidad anual, además de un proceso claro de sustitución de especies que se observa en la captura desde 1983. A partir de 1982 la anchoveta registra una clara tendencia a la disminución, que alcanzó el nivel más bajo de sus existencias en la temporada de 1990 y se mantiene hasta la fecha. En el caso de la sardina y la macarela, su captura muestra una clara tendencia a aumentar a partir de 1983 y desde la temporada de 1990 se constituyen como las espe-

Tabla 2. Capturas registradas de enero a diciembre de las tres principales especies en las temporadas de 1998 y 1999 en la costa occidental de Baja California, México.

	SARDINA		MACARELA		ANCHOVETA	
MES	1998	1999	1998	1999	1998	1999
ENE	9,144	5,454	270	489	0	139
FEB	3,158	8,796	1,781	0	0	1,762
MAR	2,423	6,165	577	0	0	847
ABR	2,558	8,167	4,169	775	0	394
MAY	2,746	3,075	5,099	85	0	0
JUN	210	3,103	3,377	3,784	474	0
JUL	3,452	100	8,333	1,934	418	0
AGO	5,534	3,272	3,932	907	44	0
SEP	1,526	1,650	11,793	769	36	0
OCT	5,156	5,214	4,157	1,098	0	147
NOV	8,114	7,368	5,040	278	0	0
DIC	3,792	6,204	2,198	51	0	193
TOTAL	47,813	58,568	50,726	10,170	972	3,482

cies dominantes en la pesquería, situación que se ha sostenido hasta la fecha. Existen evidencias de que este proceso se inició desde los años setenta, relacionado con cambios notables en el medio ambiente, lo que precisamente ocurrió a partir de 1975, además de los efectos provocados por su explotación comercial (Lluch *et al.*, 1992; García *et al.*, 1995 a y b).

Desde 1976 se presentó un proceso de calentamiento, que con algunas fluctuaciones se ha mantenido hasta la fecha, que afectó negativamente a la población de anchoveta y favoreció el crecimiento

Tabla 1. Captura (t) de peces pelágicos menores obtenida de enero a diciembre de 1999 en la costa occidental de Baja California, México.

MES	SARDINA	MACARELA	ANCHOVETA.	CHARRITO	BONITO	SUMA	ACUMULADA	BARCOS	VIAJES
EN	5,453.8	489.0	138.9	0.0	0.0	6,081.7	6,081.7	15	128
FEB	8,796.7	0.0	1,761.5	0.0	0.0	10,558.2	16,639.9	16	201
MAR	6,164.5	0.0	846.5	0.0	0.0	7,011.0	23,650.9	16	136
ABR	8,166.8	775.1	394.8	0.0	0.0	9,336.7	32,987.6	16	184
MAY	3,075.0	85.1	0.0	0.0	0.0	3,160.1	36,147.7	17	92
JUN	3,103.0	3,783.7	0.0	39.6	0.0	6,926.3	43,074.0	12	116
JUL	100.8	1,933.7	0.0	344.5	15.0	2,394.0	45,468.0	11	57
AGO	3,272.1	907.3	0.0	376.0	0.0	4,555.4	50,023.4	13	85
SEP	1,650.9	768.5	0.0	20.4	9.4	2,449.2	52,472.6	14	60
OCT	5,213.7	1,097.6	147.0	0.0	0.0	6,458.3	58,930.9	13	154
NOV	7,368.4	277.2	0.0	0.0	0.0	7,645.6	66,576.5	12	134
DIC	6,203.7	50.5	193.0	0.0	0.0	6,447.2	73,023.7	10	126
TOTAL	58,569.4	10,167.7	3,481.7	780.5	24.4	73,023.7		17	1,473

de la sardina monterrey y la macarela y ha inducido variaciones en la captura de estas especies (Lluch *et al.*, 1992; García *et al.*, 1999) (Tabla 3).

Tabla 3. Captura anual de peces pelágicos menores (toneladas) obtenida de 1978 a 1999 en la costa occidental de Baja California, México.

AÑO	ANUAL (t)	SARDINA	Macarela	ANCHOVETA	BARCOS (No.)
1978	135,036	0	0	135,036	60
1979	192,476	0	0	192,476	51
1980	242,907	0	0	242,907	46
1981	258,745	0	0	258,745	58
1982	174,634	0	0	174,634	50
1983	87,838	274	135	87,429	40
1984	103,059	0	128	102,931	41
1985	123,496	3,722	2,582	117,192	38
1986	98,673	243	4,883	93,547	27
1987	128,996	2,432	2,082	124,482	21
1988	86,414	2,035	4,884	79,495	38
1989	101,421	6,224	13,387	81,810	37
1990	47,241	11,375	35,767	99	19

La variación de la disponibilidad y la abundancia de las poblaciones de pelágicos menores en la costa occidental de Baja California se relaciona con las variaciones que se registran en otras regiones del mundo en las que se presentan grandes giros oceánicos (Antezana *et al.*, 1994). Según los autores citados, esta relación se da a través de teleconexiones que mantienen un flujo de energía, en las que las poblaciones fluctúan en forma cuasi sincrónica, debido precisamente a las conexiones entre estas regiones oceánicas, que además son las de mayor productividad en el mundo.

Distribución de las capturas

En cuanto a la distribución de la captura en la zona de pesca de la costa occidental de Baja California durante la temporada de 1999, el 68.4% se obtuvo en el área II, de Punta Salsipuedes a Punta Santo Tomás; el 24.8% en el área I, desde la frontera con los Estados Unidos hasta Punta Salsipuedes; el 5.0% en el área III, ubicada entre Punta Santo Tomás y Punta Colonet, y el 1.8% en las áreas IV y V, que abarcan de Punta Colonet a Isla San Martín y de Isla San Martín a Punta Baja, respectivamente (Tabla 4).

Esfuerzo

En el esfuerzo aplicado por la flota de pesca se registró una disminución del 11.8%, al variar de 1,670 viajes con captura en 1998 a 1,473 en 1999. De este esfuerzo el 70.2% de los viajes con captura se efectuó en el área II, el 23.7% en el área I, el 4.6% en el área III y el 1.5% restante en las áreas IV y V (Tabla 5).

Tabla 4. Porcentaje de la captura registrada por zona de pesca en la temporada de 1999 en la costa occidental de Baja California, México.

ZONAS DE PESCA						
MES	I	II	III	IV	V	TOTAL
ENE	2.5	4.9	0.9	0	0	8.3
FEB	3.7	10.7	0.1	0	0	14.5
MAR	3.6	5.7	0.3	0	0	9.6
ABR	4.9	6.6	1.2	0	0	12.7
MAY	1.3	2.2	0.5	0.2	0.1	4.3
JUN	1.1	7.3	0.3	0.8	0	9.5
JUL	1.3	1.8	0.1	0	0	3.2
AGO	1.1	4.3	0.7	0.1	0.1	6.3
SEPT	0.7	2.3	0	0.2	0.1	3.3
OCT	1.4	6.8	0.6	0	0	8.8
NOV	1.6	8.9	0.2	0	0	10.7
DIC	1.8	6.8	0.2	0	0	8.8
TOTAL	25	68.3	5.1	1.3	0.3	100

Tabla 5. Esfuerzo pesquero aplicado en cada zona de pesca en la captura de peces pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México.

ZONAS DE PESCA						
MES	I	II	III	IV	V	TOTAL
ENE	2.2	5.8	0.7	0.1	0.0	8.8
FEB	5.2	8.5	0.1	0.0	0.0	13.8
MAR	3.1	6.0	0.2	0.0	0.0	9.3
ABR	2.8	7.4	1.0	0.1	0.0	11.2
MAY	1.9	3.5	0.5	0.3	0.1	6.3
JUN	1.0	6.2	0.2	0.5	0.0	7.9
JUL	1.3	2.9	0.2	0.0	0.0	4.4
AGO	1.2	3.6	0.8	0.1	0.1	5.8
SEPT	0.6	3.2	0.0	0.1	0.1	4.1
OCT	1.4	8.5	0.6	0.0	0.0	10.5
NOV	1.2	7.9	0.1	0.0	0.0	9.2
DIC	1.7	6.7	0.3	0.0	0.0	8.7
TOTAL	23.7	70.2	4.6	1.2	0.3	100.0

Flota

La flota que participó en la captura durante la temporada de pesca de 1999 disminuyó un 10.5% respecto de la temporada anterior; es decir, de 19 embarcaciones en 1998 a 17 en 1999. De las unidades de pesca documentadas durante esta temporada, el 9.6% corresponde al grupo I, el de las embarcaciones más pequeñas, de hasta 75 t de capacidad de acarreo, que generalmente operan en áreas cercanas a la costa y al puerto de desembarque; el 37.6% al grupo II, con capacidad entre 76 y 150 t; el 43.7% al grupo III, con capacidad entre 151 y 225 t y el 9.6% al grupo IV, que incluye a las embarcaciones más grandes, con capacidad entre 226 y 300 t. Las capturas obtenidas en

este año fueron del 2.0% por el grupo I, 29.1% por el II, 55.4% por el III y 13.5% por el grupo IV.

Tallas

En relación con la composición por tallas de sardina y macarela, determinada a partir de muestreos de la captura de 1989 a 1999, se encontraron oscilaciones cíclicas de los intervalos máximos y mínimos de la talla individual (Longitud Patrón). Entre 1989 y 1992 las tallas promedio fueron superiores a 20.0 cm. De 1993 a 1994 se registraron individuos por debajo de los 17.0 cm. Entre 1995 y 1997 las tallas se incrementaron nuevamente a 21.0 cm, en tanto que en la temporada de 1999 se registró una disminución, con talla promedio de 17.0 cm, y además se encontró que sólo el 19.0% de las capturas estuvieron por debajo de los 16.5 cm durante esta temporada (Fig. 2).

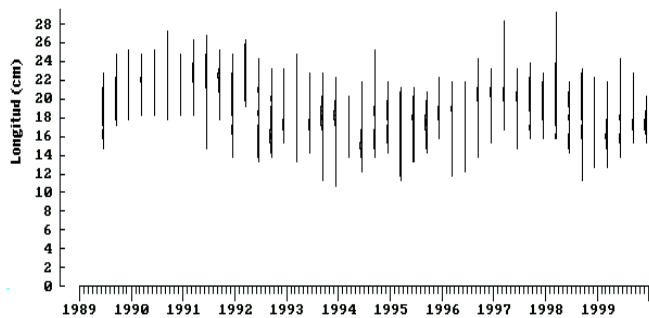


Fig. 2. Composición por tallas de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) en las temporadas de de pesca de 1989 a 1999 en la costa occidental de Baja California, México.

La talla promedio de la macarela en esta temporada fue de 31.5 cm, lo que constituye una reducción de 4.5 cm respecto de la temporada anterior. Así mismo, el 19.0% de la captura se conformó con tallas de menos de 25.5 cm y se observó un patrón semejante al de la sardina respecto de la variabilidad en las tallas registradas de 1989 a 1999. En esta última temporada las tallas, al igual que en el caso de la sardina, registraron una disminución de 3 cm, de 35.2 cm en 1998 a 32.2 cm LP en 1999 (Fig. 3).

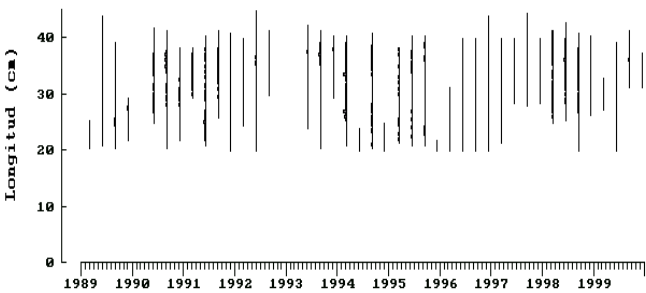


Fig. 3. Composición por tallas de macarela (*Scomber japonicus*) en las temporadas de de pesca de 1989 a 1999 en la costa occidental de Baja California, México.

Crecimiento y mortalidad

Los parámetros de crecimiento de la sardina y la macarela (L_{∞} , k y t_0), calculados previamente a partir de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, fueron los siguientes: de la sardina $L_{\infty} = 28.555$, $k = 0.690$ y $t_0 = -0.150$ y de la macarela: $L_{\infty} = 49.480$, $k = 0.281$ y $t_0 = -1.165$ (García *et al.*, 1995b).

Los resultados obtenidos a partir de la curva de captura de cada una de las especies analizadas respecto de la tasa de mortalidad total (Z anualizada), el coeficiente de mortalidad por pesca ($F = Z - M$) y la tasa de explotación ($E = F/Z$) presentan variaciones con respecto a la temporada anterior, como se ve en la *tabla 6*.

Tabla 6. Mortalidad natural (M), por pesca (F), total (Z) y tasa de explotación ($E_{0.5}$) de sardina, macarela y anchoveta en la costa occidental de Baja California, México, en 1999.

ESPECIE	M	F	Z	E0.5
SARDINA	1.19	1.60	2.91	0.411
MACARELA	0.48	1.53	2.01	0.427

La tasa de explotación fue de $E_{0.5} = 0.411$ en la pesquería de sardina monterrey y de $E_{0.5} = 0.427$ en la pesquería de macarela. Estos datos están dentro de un intervalo óptimo de aprovechamiento.

Para el análisis del rendimiento en biomasa y por recluta se utilizaron los parámetros de L_{∞} , M/k y LC , obtenidos a partir de las isopletras de rendimiento que genera el modelo, de las cuales se obtienen diferentes tasas de rendimiento en función de la mortalidad por pesca, así como las tasas de explotación. A partir de esto se determinó que en la pesquería de sardina monterrey es posible aumentar la tasa de explotación sin modificar la talla actual de extracción (Fig. 4, Tabla 7).

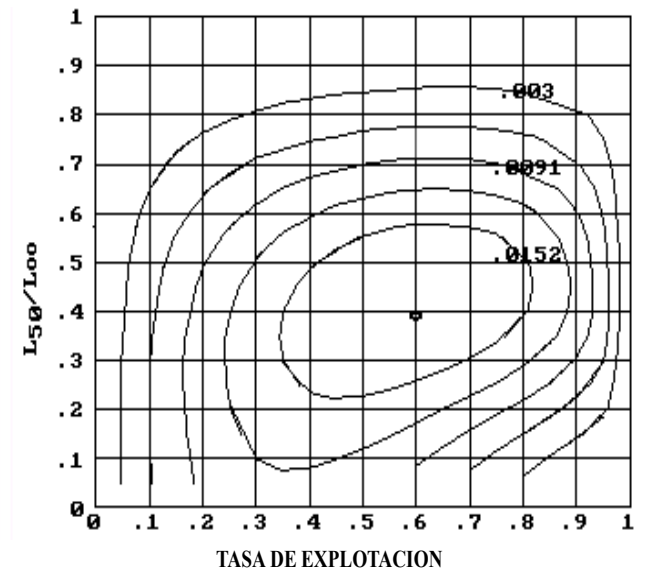


Fig. 4. Isopletras de rendimiento en equilibrio de sardina (*Sardinops caeruleus*) en la costa occidental de Baja California, México.

Tabla 7. Rendimiento por recluta de sardina (*Sardinops caeruleus*) en condiciones óptimas: $L_c = 17.6$, $L_\infty = 28.555$, $L_c/L_\infty = 0.718$, $M/k = 2.48$, $L_{50} = 18.912$, $E_{0.5} = 0.411$, $E_{\text{máx}} = 1.000$.

E	Y'/R	B'/R
0.05	0.0011657	0.938495
0.10	0.0023022	0.877960
0.15	0.0034086	0.818429
0.20	0.0044837	0.759941
0.25	0.0055267	0.702532
0.30	0.0065364	0.646241
0.35	0.0075118	0.591111
0.40	0.0084518	0.537182
0.45	0.0093554	0.484497
0.50	0.0102214	0.433102
0.55	0.0110488	0.383040
0.60	0.0118365	0.334358
0.65	0.0125835	0.287103
0.70	0.0132889	0.241320
0.75	0.0139517	0.197055
0.80	0.0145713	0.154355
0.85	0.0151469	0.113260
0.90	0.0156782	0.073813
0.95	0.0161649	0.036050
1.00	0.0166070	0.000000

En cuanto a la pesquería de la macarela, la talla media actual es de 34.4 cm de LP y sería posible reducirla, pero no se recomendaría mientras la tasa de explotación fuese menor a la calculada la temporada pasada, ya que de $E_{0.5} = 0.430$ en 1998 cambió a $E_{0.5} = 0.427$ en 1999. Se considera conveniente mantenerla alrededor de este nivel, aún cuando es posible tolerar algunos incrementos sin que la población se vea afectada (Fig. 5, Tabla 8).

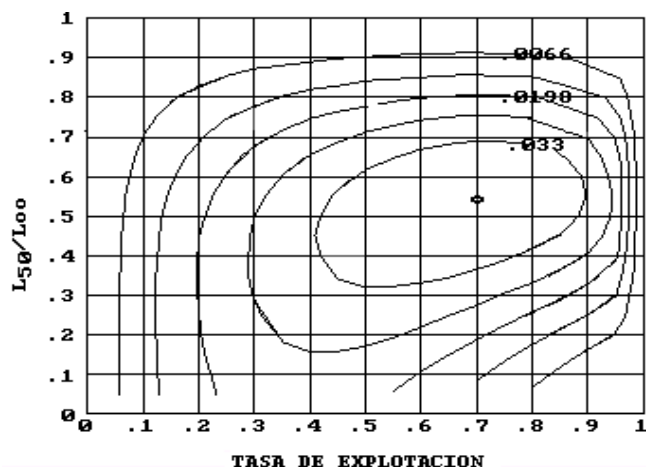


Fig. 5. Isoplethas de rendimiento en equilibrio de macarela (*Scomber japonicus*) en la costa occidental de Baja California, México.

Tabla 8. Rendimiento por recluta de macarela (*Scomber japonicus*) en condiciones óptimas: $L_c = 34.58$, $E_{0.5} = 0.427$, $L_\infty = 49.480$, $L_c/L_\infty = 0.710$, $M/k = 1.710$, $L_{50} = 35.46$, $E_{\text{máx}} = 1.000$.

E	Y'/R	B'/R
0.05	0.0033175	0.937431
0.10	0.0065432	0.875812
0.15	0.0127019	0.815190
0.20	0.0156254	0.755619
0.25	0.0184384	0.697151
0.30	0.0211356	0.639845
0.35	0.0237116	0.583762
0.40	0.0261607	0.528966
0.45	0.0261607	0.475527
0.50	0.0284770	0.423517
0.55	0.0306546	0.373010
0.60	0.0326874	0.324089
0.65	0.0345692	0.276834
0.70	0.0362943	0.231333
0.75	0.0378569	0.187672
0.80	0.0392519	0.145941
0.85	0.0404751	0.106227
0.90	0.0415234	0.068616
0.95	0.0423955	0.033185
1.00	0.0430924	0.000000

La aplicación del modelo de Thompson y Bell, que utiliza los parámetros calculados a través del análisis de cohortes, permitió generar pronósticos de la relación entre existencias y rendimiento en las pesquerías de sardina y macarela. De aquí surgen recomendaciones sobre las óptimas tallas de captura y tasas de explotación que puedan soportar las pesquerías sin afectar su estabilidad, así como pronósticos de captura, que serían de 63,500 t de sardina monterrey y 31,000 t de macarela (Figs. 6 y 7).

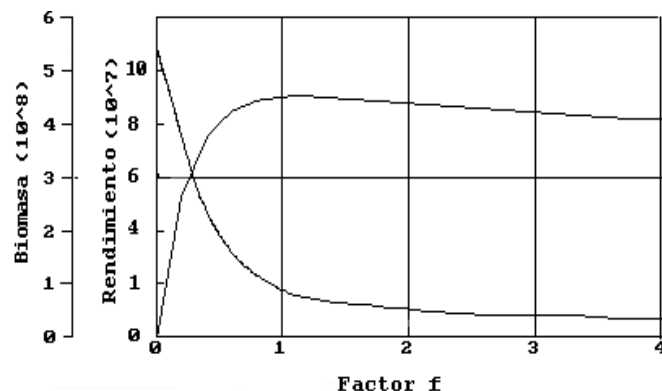


Fig. 6. Curva de Existencias-Rendimiento obtenidas a partir del modelo de Thompson y Bell para sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) en la costa occidental de Baja California, México.

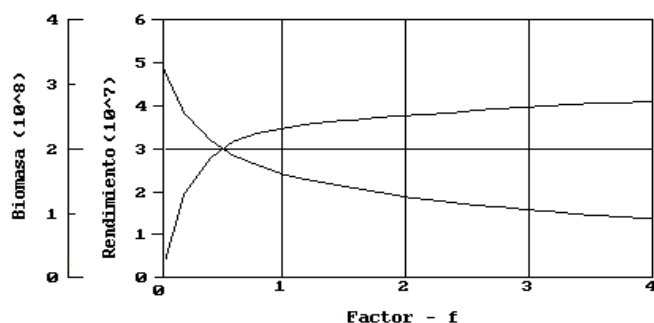


Fig. 7. Curva de existencias-Rendimiento obtenidas a partir del modelo de Thompson y Bell para macarela (*Scomber japonicus*) de la costa occidental de Baja California, México.

Las tasas de explotación calculadas entre 1985 y 1996 de las pesquerías de sardina y macarela muestran una gran inestabilidad interanual: en ambos casos se registra un incremento substancial a partir de 1989. En el caso de la sardina monterrey se observa un máximo en 1990, en tanto que en la macarela el máximo se observa en 1991. En los últimos siete años (temporadas de 1992 a 1999) las tasas de explotación muestran una tendencia clara a estabilizarse (Tabla 9).

Tabla 9. Tasas de explotación de la sardina y la macarela en las temporadas de pesca de 1985 a 1999 en la costa occidental de Baja California, México.

AÑOS	SARDINA	MACARELA
1985	0.300	0.320
1986	0.045	0.477
1987	0.250	0.358
1988	0.090	0.146
1989	0.400	0.660
1990	0.500	0.737
1991	0.690	0.654
1992	0.430	0.500
1993	0.600	0.420
1994	0.440	0.430
1995	0.430	0.400
1996	0.360	0.320
1997	0.409	0.428
1998	0.396	0.430
1999	0.411	0.427

En cuanto al destino de la captura, es decir, su aprovechamiento por la planta industrial durante la temporada de 1999, el 58.9% se destinó a la industria empaedora para elaborar diferentes productos de consumo humano directo (enlatada en diferentes presentaciones y fresca congelada), mientras que el 41.1% restante fue utilizado por la industria reductora en la elaboración de harina y aceite de pescado (Tabla 10).

Tabla 10. Uso industrial de la captura de peces pelágicos menores de la costa occidental de Baja California, México, registradas durante la temporada de 1999.

MES	EMPAQUE	HARINA	TOTAL
ENE	3,082.0	2,999.7	6,081.7
FEB	4,186.8	6,371.4	10,558.2
MAR	4,201.8	2,809.2	7,011.0
ABR	5,223.3	4,143.1	9,366.4
MAY	2,344.4	786.0	3,130.4
JUN	4,316.0	2,610.3	6,926.3
JUL	2,175.8	218.2	2,394.0
AGO	3,492.2	1,062.1	4,554.3
SEPT	1,884.3	585.9	2,470.2
OCT	4,545.2	1,913.1	6,458.3
NOV	4,219.3	3,426.9	7,646.2
DIC	3,354.9	3,092.3	6,447.2
TOTAL	43,026.0	30,018.2	73,044.2

Discusión

Es importante recalcar que las diferentes especies que conforman la pesquería de peces pelágicos menores responden de manera diferente a los cambios en el medio ambiente; por ejemplo, a principios de los años noventa se registró un evento que contribuyó a una menor viabilidad de la pesquería de anchoveta y al crecimiento significativo de la de sardina y macarela. En 1995, 1996 y 1999 se registraron eventos interanuales que afectaron en forma distinta a estas poblaciones, como el enfriamiento registrado durante 1995, que favoreció el incremento explosivo de la captura de anchoveta, en tanto que el calentamiento registrado en 1996 y 1999 afectó la disponibilidad de la macarela y la anchoveta y el crecimiento de las capturas de sardina monterrey se mantuvo. En este contexto, el comportamiento de la pesquería de peces pelágicos menores durante la temporada de 1999 registró una caída del 29.1% respecto de la temporada de 1998, disminuyendo en forma simultánea la flota en operación y el esfuerzo.

La sardina monterrey presentó variaciones importantes tanto en la talla promedio como en las tallas máxima y mínima durante el periodo que abarca este análisis (de 1989 a 1999), lo cual se manifestó con incrementos y decrementos en disponibilidad, accesibilidad y abundancia, como se observa entre los años de 1989 a 1992, durante los cuales se registró un incremento paulatino de las tallas que coincide con un periodo de crecimiento en abundancia de la población.

De 1993 a 1994 las talla promedio de la sardina monterrey disminuyó, lo que coincide con una interrupción del proceso de crecimiento de la población, en tanto que de 1995 a 1999 se observa un incremento en las tallas que coincide con un crecimiento de la biomasa (García *et al.*, 1995c; Barnes *et al.*, 1996).

Lo mismo se ha registrado en los casos de la macarela y de la anchoveta. La variación en la condición biótica de los peces pelágicos menores parece estar relacionada con variables ambientales que pueden afectarla, como pueden ser cambios en la temperatura, calidad y cantidad de alimento, entre muchos otros factores.

Otro de los aspectos importantes que es necesario recalcar se refiere a las pesquerías de macarela y de anchoveta, que han registrado los cambios más marcados en los últimos años, sobre todo en el caso de la anchoveta durante las temporadas de 1989 a 1990, periodo en que se documentó una caída de casi el 100% de su captura, la cual pasó de 81,810 t en 1989 a sólo 100 t en 1990, niveles bajos mantenidos hasta la fecha. En el caso de la macarela se registra un crecimiento sostenido de 1988 a 1990 que se sostiene hasta 1995 y cae bruscamente en 1996 para crecer nuevamente en 1997 y 1988. En la temporada de 1998 se registraron las mayores capturas de esta especie, que cayeron nuevamente en la de 1999. Esta gran variabilidad está asociada a diferentes eventos de índole ambiental que se agrupan dentro de la denominación de "calentamiento en latitudes medias" o "El Niño Oscilación del Sur" (ENOS), que han afectado notoriamente a estas pesquerías y han influido en las variaciones en cuanto a disponibilidad y abundancia.

Conclusiones

1. En la pesquería de sardina monterrey es posible aumentar la tasa de explotación, manteniendo sin modificaciones las tallas actuales de extracción.
2. Del análisis por tallas realizado a partir del muestreo de la captura destaca que las de sardina monterrey fueron en un 28.1% menores que 16.5 cm de LP, con una media de 17.0 cm; de la macarela el 19.0% fue menor que 25.5 cm, con media de 31.5 cm.
3. De 1976 a la fecha se ha mantenido un proceso de calentamiento del agua que ha afectado negativamente a la población de anchoveta y favorecido el crecimiento de la sardina monterrey y la macarela. Esto se ha reflejado en variaciones de la captura de estas especies.

Recomendaciones

1. Se recomienda evitar la captura de juveniles por debajo de la talla mínima recomendable: longitud patrón de 16.5 cm en sardina, de 25.5 cm en macarela y de 10.0 cm en anchoveta, lo cual permitirá llevar una administración sana de las existencias.
2. Se deben evitar capturas por arriba de las máximas recomendadas para cada especie, o sea, 63,500 t de sardina monterrey y 31,000 t de macarela. Esto permitiría aprovechar mejor estos recursos desde el punto de vista biológico y económico, y evitar excesos en inversión y capitalización de las pesquerías, así como en las dimensiones de la flota y de la planta industrial.

Referencias bibliográficas

AHLSTROM, E. H. 1956. Eggs and larvae of anchovy, jack mackerel and Pacific mackerel. *Calif. Mar. Res. Comm.*, *CALCOFI Rep.* 1/april/1955 to 30/june/1956:33-42.

ANTEZANA, T.; W. García; J. Hunter; J. Larguier; Y. Matsuura; J. Moisan; S. Painting; P. Schlittenhardt and J. R. Torres 1994. Enrichment and concentration processes. *Inter. GLOBEC-SPACC. Rep.* #8, 22 al 24 de junio de 1994. La Paz, BCS.

BAUMGARTNER, T. R.; A. Soutar and V. Ferreira-Bartrina. 1992. Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy

population over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 33:24-40.

BARNES, J. T.; M. Yaremco and D. Hanan. 1996. Status of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) resources and fishery in 1996. *Calif. Dept. of Fish and Game, Marine Resources Div. Report.* 96-1.

CLARK, I. N. and J. C. Marr. 1955. Population dynamics of the Pacific sardine. *CALCOFI. Rep.* 4-52.

GARCÍA F., W.; A. Cota V.; M. L. Granados G. y F. J. Sánchez R. 1995a. Análisis de la pesquería de sardina y macarela durante la temporada de pesca de 1992, en la costa occidental de Baja California, México. *INP. SEMARNAP Ciencia Pesquera No. 11*:1-8.

—. 1995b. Análisis de la pesquería de pesquería de pelágicos menores durante la temporada de pesca de 1993, en la costa occidental de Baja California, México. *INP. SEMARNAP Ciencia Pesquera No. 11*:9-14.

—. 1995c. Análisis de la pesquería de pesquería de pelágicos menores en la costa occidental de Baja California, México, en 1994. *INP. SEMARNAP Ciencia Pesquera No. 11*:15-20.

GARCÍA F., W. y F. J. Sánchez R. 1997. Evaluación de la pesquería de pelágicos menores durante 1996 en la costa occidental de Baja California, México *INP SEMARNAP- CIBNOR, S. C. Memorias en extenso del V Taller de Pelágicos Menores. 16 al 18 de abril de 1997. La Paz, BCS.*

—. 1998 Análisis de la pesquería de pelágicos menores de la costa occidental de Baja California durante la temporada 1999. *SEMARNAP-CRIP Guaymas. Memorias en extenso del VII Taller de Pelágicos Menores. 24 y 25 de mayo de 1999. Hermosillo, Son.*

GAYANILO, F. C.; M. Soriano and D. Pauly. 1988. A draft guide to Complete ELEFAN. *ICLARM Software project 2. 65 p and 10 diskettes 5.25 inches 360 k.*

HJORT, J. 1914. Fluctuations on the great fisheries of northern European herring. *Rapports et proces-verbaux. Conseil Permanent International pour L'exploitation de le Mer.* pp. 20-81.

LUCH-BELDA, D., R. J. M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R. H. Parrish, R. A. Schwartzlose and P. E. Smith. 1989. World wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: The regime problem. *S. Africa Journal Mar. Sci.* 8:195-205.

LLUCH-BELDA, D.; J. Arvizu M.; S. Hernández Vázquez; D. B. Lluch Cota; C. A. Salinas Zavala; T. Baumgartner; G. Hammann; A. Cota Villavicencio; C. E. Coterio A.; W. García-Franco; O. Pedrín Osuna; Y. Green Ruiz; S. Lizárraga Saucedo; Ma. de los Á. Martínez Zavala; R. Morales Azpeitia; M. Q. Nevares Martínez; J. P. Santos Molina; R. I. Ochoa Báez; R. Rodríguez Sánchez; J. R. Torres Villegas y F. Páez Barrera. 1992. Estado actual de la pesquería de sardina y anchoveta. *XXX Aniversario del Inst. Nal. de la Pesca. SEPES-CIBNOR, editado en disco compacto por la Secretaría de Pesca, INP. México, D. F.*

LLUCH BELDA, D.; D. B. Lluch-Cota; S. Hernández-Vázquez; C. A. Salinas-Zavala and R. S. Schwartzlose. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current System. *CALCOFI Rep.* XXXII:105-111.

PAULY, D. 1990. Can we use traditional length-based fish stock assessment when growth is seasonal? *Fish byte* 8(3):290-32.

RADOVICH, J. 1982. The collapse of the California sardine fisheries. What have we learned?. *CALCOFI Rep.* XXIII 56-78.

SOUTAR, A. and J. D. Issacs. 1974. Abundance of pelagic fish during 19th and 20th Centuries as recorded in anaerobic sediments off the Californias.. *Fish. Bull.* 72:257-273.