

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

DIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE INVESTIGACIÓN PESQUERA EN EL PACÍFICO

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN PESQUERA DE GUAYMAS

PROGRAMA PELÁGICOS MENORES

**Evaluación pesquera de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) y de sardina
bocona (*Cetengraulis mysticetus*) en el Golfo de California, México**

INFORME TÉCNICO

MANUEL OTILIO NEVÁREZ MARTÍNEZ
Ma. DE LOS ÁNGELES MARTÍNEZ ZAVALA
J. PABLO SANTOS MOLINA
CONCEPCION ENCISO ENCISO
Ma. ELVIRA GONZÁLEZ CORONA

Evaluación pesquera de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) y de sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) en el Golfo de California, México

Manuel Otilio Nevárez Martínez, Ma. de los Ángeles Martínez Zavala, J. Pablo Santos Molina, Concepción Enciso Enciso y Ma. Elvira González Corona

Instituto Nacional de Pesca - CRIP Guaymas
Programa Pelágicos Menores del Golfo de California
Calle 20 No. 605 Sur, C.P. 85400, Guaymas, Sonora.

INTRODUCCIÓN

La pesquería de peces pelágicos menores en el Golfo de California es una importante actividad socioeconómica, debido a sus altos volúmenes de captura, representa más del 40% de la captura nacional total (SAGARPA, 2010, 2014). La flota del Golfo es la más numerosa en el noroeste mexicano, con puertos de descarga en Guaymas y Yavaros, en Sonora. La pesquería es sostenida básicamente por siete especies: sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), sardina crinuda (*Opisthonema libertate*), macarela (*Scomber japonicus*), sardina japonesa (*Etremeus teres*), anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), la anchoveta conocida como sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) y sardina piña (*Oligoplites* spp.); de las cuales la sardina monterrey es la especie objetivo y sustento principal de la pesquería (Cisneros-Mata *et al.* 1995), siguiéndole en importancia la sardina crinuda. Sin embargo, en la última década otras especies, como la sardina bocona, macarela y anchoveta, han sido aportes importantes en la pesquería, presentando con ello un cambio en la composición específica histórica de la pesquería. Con el propósito de conocer el estado actual de la pesquería en el Golfo de California, en este trabajo se realiza una evaluación pesquera de la sardina crinuda y de la sardina bocona en el Golfo de California, para la crinuda abarca el periodo 1970/71 - 2013/14, y para la bocona de 1989/90 – 2013/14.

ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California es considerado como una gran cuenca de evaporación en comunicación abierta con el Océano Pacífico en su región sur (Roden 1964; Bray, 1988); se localiza entre la península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa, entre los 23° y 32° N y entre los 106° y 115° W. Tiene unos 1000 km de longitud y de 150 a 200 km de ancho (Fig. 1).

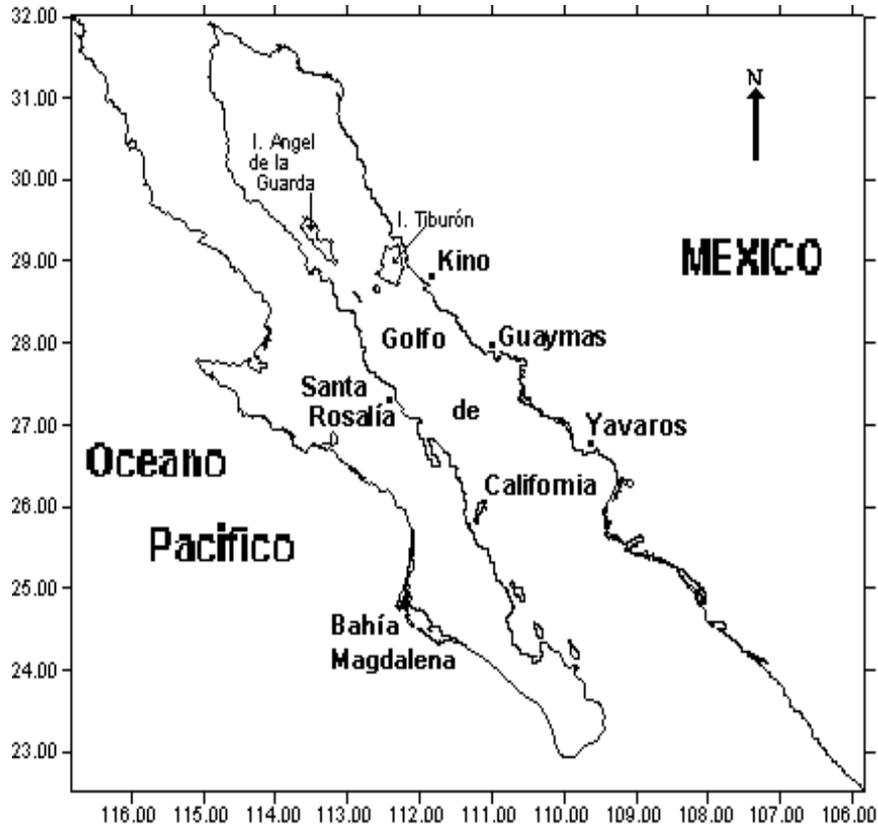


Figura 1. Golfo de California, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fuente de información

Se utilizó la información pesquera proviene del monitoreo sistemático y permanente de la pesquería de peces pelágicos menores del golfo de California, que realiza el personal del Programa Pelágicos Menores del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) en Guaymas, Sonora, del Instituto Nacional de Pesca de la SAGARPA.

La información de estadísticas de la captura y esfuerzo proviene de los Avisos de Arribo de las descargas de pelágicos menores, proporcionados por las Oficinas Federales de Pesca de la CONAPESCA-SAGARPA de los puertos de Guaymas y Huatabampo, Son., que comprenden desde la temporada 1971/72 hasta 2013/14 de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California. Para la sardina crinuda se cuenta con una serie anual de 43 temporadas de pesca, para la sardina bocona incluye una serie anual de 25 temporadas de pesca (1989/90 – 2013/14).

Evaluación - Modelo

Para el análisis se utilizó el modelo de producción de excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992; Haddon, 2001):

$$B_{t+1} = \left[B_t + rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t \right] + \varepsilon_t$$

Donde:

B_t = Biomasa en el tiempo t

r = Tasa intrínseca de crecimiento poblacional

K = Capacidad de carga

C_t = Captura en el tiempo t

ε_t = Error de observación aleatorio $N(0, \sigma_\varepsilon)$

Se consideró el supuesto que $q_t = f(B_t)$ y que existe forzamiento ambiental en la biomasa:

$$B_t = B_0 e^{\delta SOI_t}$$

En donde:

SOI_t = Índice de Oscilación del Sur/Turbulencia como vector de Índice Ambiental

Turbulencia = velocidad del viento al cubo (V^3)

δ = coeficiente de forzamiento ambiental

Para el mejor ajuste de los modelos se obtuvo la función de verosimilitud (Hilborn y Walters, 1992). Para cada una de las sardinas se estimaron los siguientes parámetros y puntos de referencia: capacidad de carga (K), tasa de crecimiento poblacional (r), biomasa inicial (B_0), además de la biomasa para el rendimiento máximo sostenible (B_{RMS}) y el esfuerzo correspondiente (f_{MRS}).

Diagrama de Kobe

Se construyeron diagramas de Kobe (Aires-da-Silva y Maunder, 2011) para evaluar el estado actual de las poblaciones de sardina crinuda y de sardina bocona, con base en la mortalidad por pesca (F_{RMS}) y biomasa (B_{RMS}) asociadas con el rendimiento máximo sostenible (RMS).

El diagrama está dividido en cuatro cuadrantes de colores amarillo, rojo y verde (Figura 2), donde se relaciona la situación actual del esfuerzo pesquero contra el tamaño de la población (biomasa). Si la mortalidad por pesca (F) actual está por encima de F_{RMS} , se considera que está ocurriendo sobrepesca; si la biomasa actual está por debajo de B_{RMS} , se considera que la población está sobreexplotada. Se grafica B/B_{RMS} en el eje x , y F/F_{RMS} en el eje y (Figura 2) de tal forma que las líneas vertical y horizontal en 1.0 dividen la gráfica en cuatro secciones, con la superior izquierda representando una fase no deseada: con sobrepesca y una población sobreexplotada; y la inferior derecha representando una población sana: no ocurre sobrepesca y una población subexplotada.

>1 El esfuerzo pesquero es superior al correspondiente al RMS y por lo tanto a una población que está siendo sobreexplotada.

<1 El esfuerzo pesquero es menor al que resultaría en el RMS y por lo tanto a una población que no se está sobrepescando.

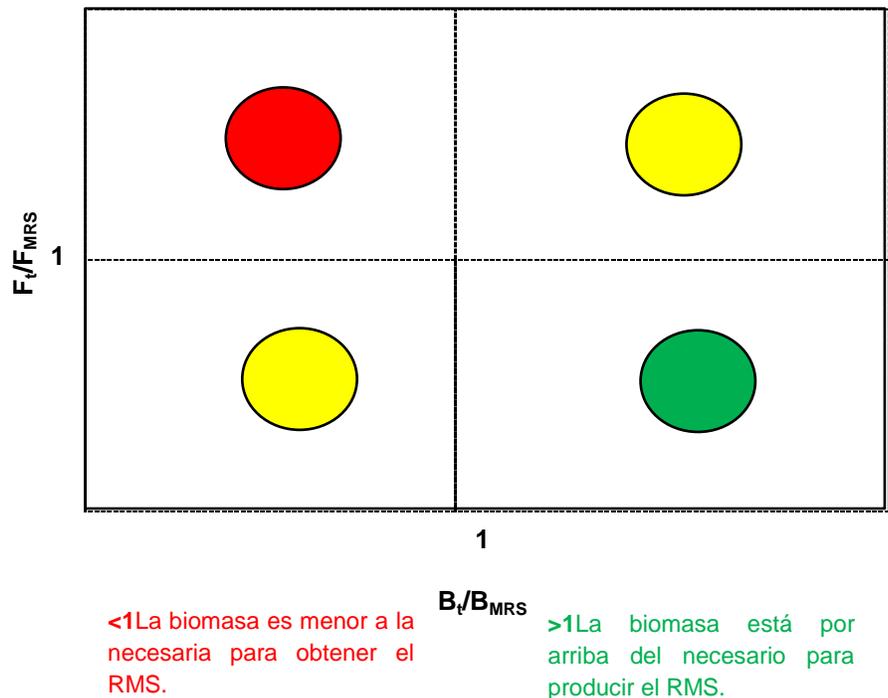


Figura 2. Caracterización del Diagrama de Kobe (Aires-da-Silva y Maunder, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se unificaron los resultados de captura observada y esperada de las sardinas crinuda y bocona en una sola captura total (Fig. 3). Durante las primeras dos décadas las tendencias entre la captura observada y estimada son similares, aunque ésta última con mayor magnitud, esto se debe a que los registros de captura de sardina bocona inician a partir de 1989/90, es decir, en temporadas previas hubo abundancia poblacional de bocona que no fue capturada. Por ello en la década de los años 90's los valores de capturas observada y estimada son cercanos, se tiene un mejor ajuste de los datos aunque en este periodo se presenta mayor variabilidad interanual, y en algunos ciclos la captura total estimada está por debajo de la captura observada (Fig. 3).

Los valores de los parámetros y puntos de referencia obtenidos con el modelo dinámico se muestran en la tabla 1. De acuerdo a los puntos de referencia obtenidos para la sardina crinuda se estima una Biomasa inicial (B_0) de 460,000 t; para la sardina bocona de 360,000 t (B_0). El Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) para crinuda y bocona es de 353,625 y 580,000 t, respectivamente; valores mucho menores a la Biomasa en el Máximo Rendimiento Sostenible (B_{MRS}) estimada de 615,000 t (crinuda) y 725,000 t (bocona).

La evolución del stock y de la pesquería de las dos especies evaluadas se muestra en la en la figura 4. Para ambas sardinas se tienen altos valores de biomasa, mayores a 1,000,000 t, los valores de biomasa muestran baja variabilidad interanual y un comportamiento estable, sin una tendencia particular. La Biomasa en el Máximo Rendimiento Sostenible (B_{MRS}) estimada de 615,000 t (crinuda) y 725,000 t (bocona), y que constituyen la Biomasa óptima con valores muy superiores a los rendimientos de la pesquería de estas dos sardinas, es decir, las capturas de sardina crinuda y sardina bocona están muy por debajo a los valores de Biomasa en el Máximo Rendimiento Sostenible (B_{MRS}) o Biomasa óptima. Asimismo, se observa que la biomasa estimada para cada año está muy por encima de la biomasa en el RMS.

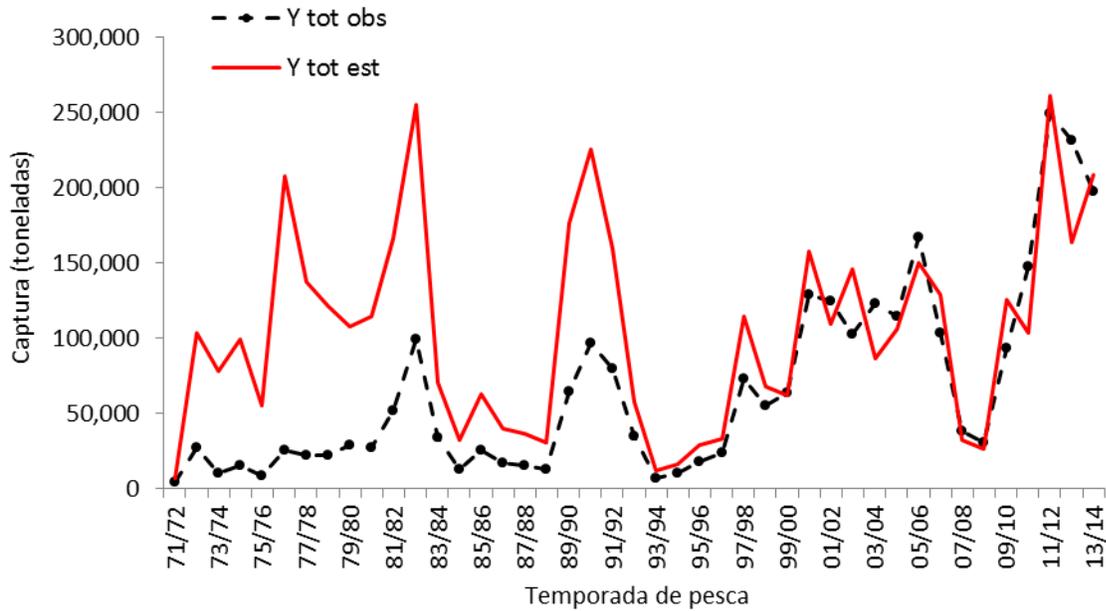


Figura 3. Captura total observada (Y tot obs) y captura total estimada (Y tot est), captura conjunta de las sardinias crinuda y bocona del Golfo de California, temporadas de pesca 1971/72 – 2013/14.

Tabla 1. Parámetros del modelo y Puntos de Referencia obtenidos para la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) y para la sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*), de la pesquería del Golfo de California.

Parámetro	S. crinuda	S. bocona
R	1.150	1.600
K	1,230,000	1,450,000
B ₀	460,000	360,000
B _{MRS}	615,000	725,000
RMS	353,625	580,000
F _{MRS}	0.575	0.800
f _{RMS}	8,691	11,563
q _{med}	6.6159E-05	6.9189E-05

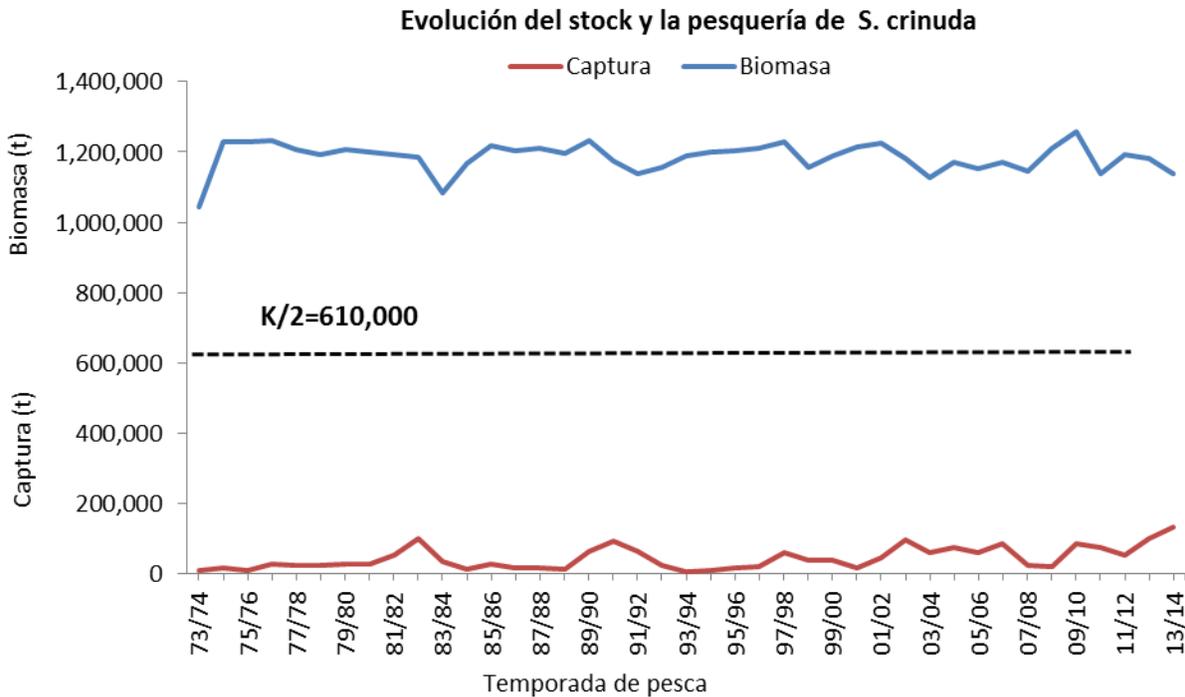
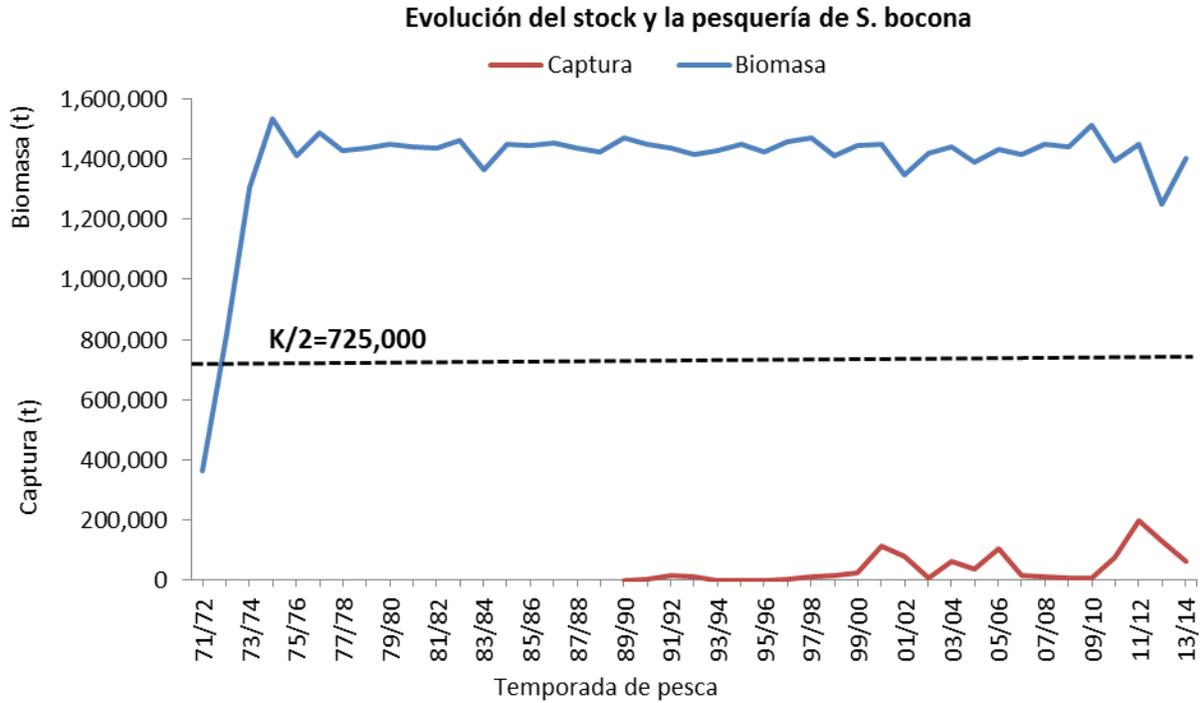


Figura 4. Evolución del stock y la pesquería de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) y sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) del Golfo de California. $K/2$ es igual a la Biomasa en el Máximo Rendimiento Sostenible (B_{MRS}).

Los diagramas de Kobe para las dos especies evaluadas muestran resultados positivos en cuanto a explotación y estado actual de la población (Fig. 5 y 6). En el caso de la sardina crinuda, sólo al inicio de la pesquería (temporada 1971/72) la biomasa relativa fue ligeramente menor a la necesaria para obtener el RMS, aunque correspondiente a un esfuerzo pesquero menor al que producirían el RMS, ya que la evolución de la pesquería muestra una tendencia de incremento de la biomasa relativa (B_t/B_{RMS}), con valores entre de 1.6 y 2.0, correspondiente a un esfuerzo relativo (F_t/F_{RMS}) menor a 0.2 en todos los casos, por lo que la intersección de los puntos se ubican en el cuadrante verde en su mayoría (Fig. 5). Por lo que se puede decir que la población de sardina crinuda se encuentra en una condición saludable y el esfuerzo pesquero muy por debajo del máximo recomendado, por lo tanto no ocurre sobrepesca.

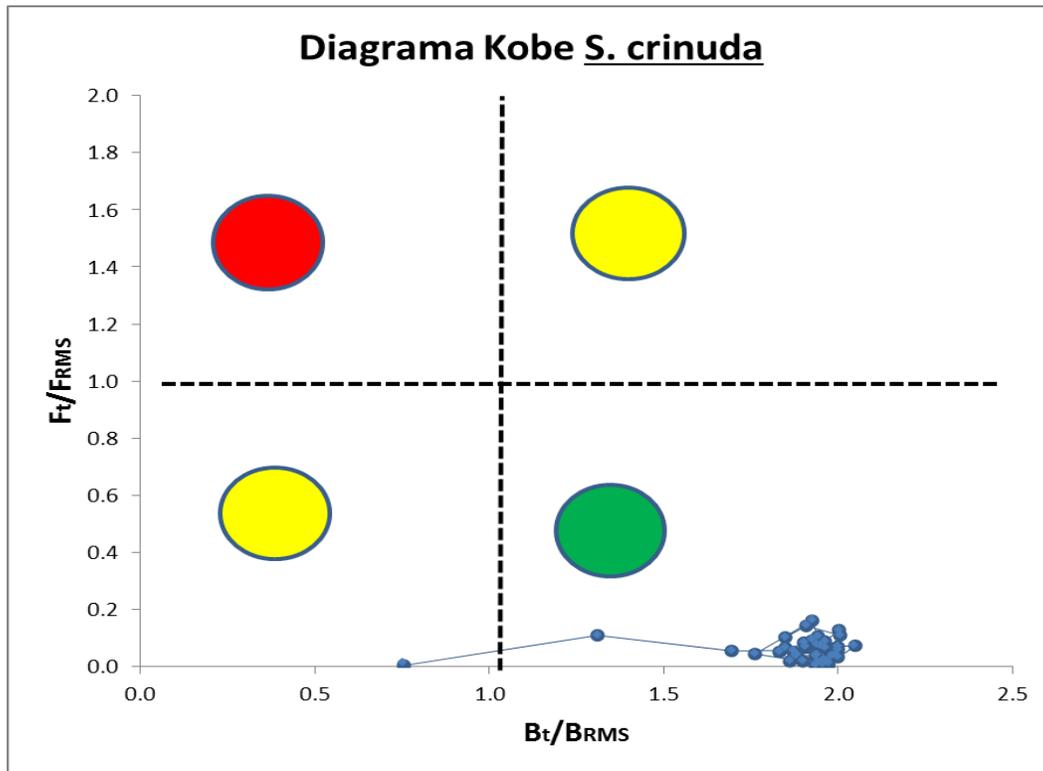


Figura 5. Diagramas de Kobe que muestran la evolución y el estado actual de las poblaciones de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) del Golfo de California.

En el caso de la sardina bocona, todos los puntos del diagrama de Kobe se ubican en el cuadrante verde, es decir la ubica como una población sana (Fig. 6). De igual forma, el menor valor de la serie (2.6) de biomasa relativa (B_t/B_{RMS}) está al inicio de la pesquería (temporada 1989/90), pero es muy superior al punto de referencia(1.0); la evolución de la pesquería de sardina bocona muestra altos valores de la biomasa necesaria para obtener el RMS (B_t/B_{RMS}), entre 4.0 y 5.0, correspondiente a un esfuerzo relativo (F_t/F_{RMS}) de <0.4 en todos los casos (Fig. 6). Por lo que se puede inferir que la población de sardina bocona también se encuentra en una condición saludable y el esfuerzo pesquero está muy por debajo del máximo recomendado, por lo tanto no ocurre sobrepesca.

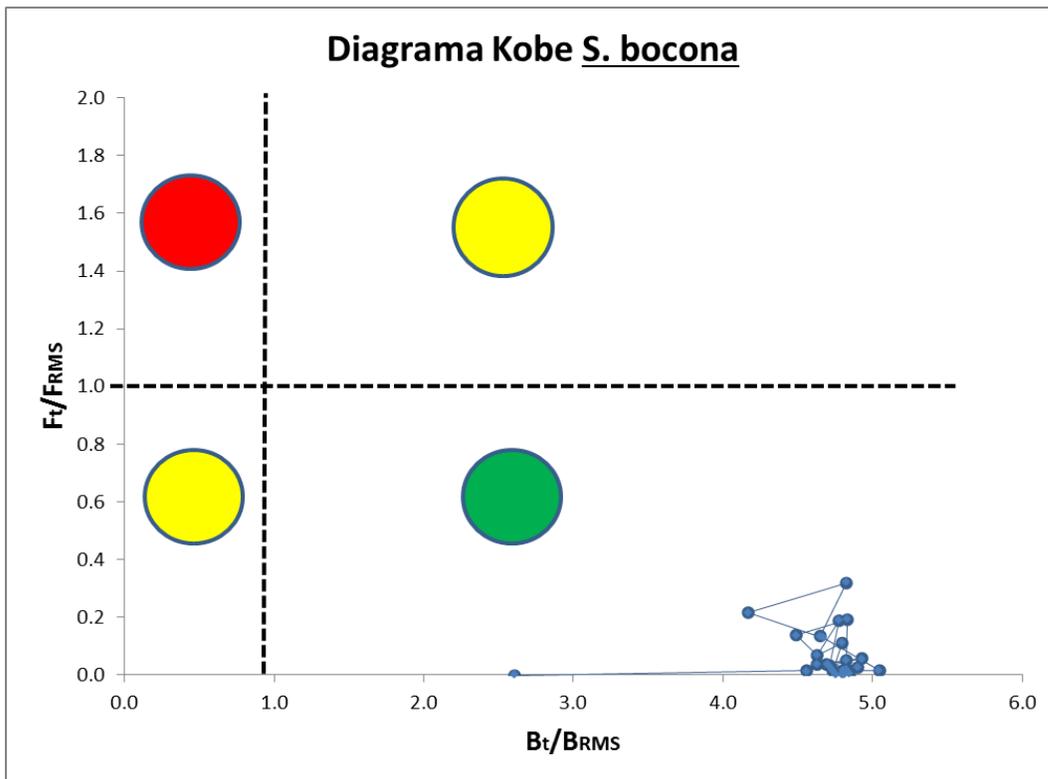


Figura 6. Diagramas de Kobe que muestran la evolución y el estado actual de las poblaciones de sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) del Golfo de California.

Los resultados obtenidos en el presente análisis proporcionan una perspectiva del estado actual de la pesquería de estas dos sardinias, que pueden ser considerados como puntos de referencia para la instrumentación complementaria de medidas administrativas y de manejo. Otros análisis realizados para sardina crinuda muestran que la población se ha mantenido en constante crecimiento, el reclutamiento se ha mantenido alto y las mortalidades por pesca han sido bajas, y que los niveles de explotación estimados para esta especie han sido bajos (Nevárez-Martínez *et al.*, 2014).

Por lo tanto, se puede concluir que la población de sardina crinuda y la población de sardina bocona del golfo de California se encuentran saludables y explotadas adecuadamente, ya que están dentro de puntos de referencia adecuados y por lo tanto el reclutamiento no se encuentra en peligro de sobrepesca.

REFERENCIAS

- Bray, N.A. 1988. Thermohaline circulation in the Gulf of California. *J. Geophys. Research* 93: 4993-5020.
- Cisneros-Mata, M. A., Nevárez-Martínez, M. O. y Hammann, M. G., 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, México. *CalCOFI Rep.* 36: 136-143.
- Haddon M. 2001. *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman & Hall New York, 406 p.
- Hilborn R y Walters CJ. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics & Uncertainty*. Chapman & Hall, New York, 550 p.
- Nevárez Martínez, M.O., A. Martínez Zavala, J. P. Santos Molina, D.I. Arizmendi Rodríguez, M.E. González Corona. 2014. Reclutamiento y biomasa de la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) en el Golfo de California, México, 1971/72-2011/12. Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera - Guaymas, 20 p.
- Roden, G.I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: Marine Geology of the Gulf of California, (T.H. van Andel y G.G. Shore, Jr., eds.), *Amer. Ass. Petrol. Geol. Memoir.* (3): 30-58.
- SAGARPA. 2010. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2010. CONAPESCA, SAGARPA. México. 289 p. (<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>).
- SAGARPA. 2014. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2014. CONAPESCA, SAGARPA. México. 295 p. (<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>).