

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

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA – CRIP GUAYMAS

PROGRAMA PELÁGICOS MENORES

**Evaluación poblacional de la sardina monterrey (*Sardinops sagax*) en el Golfo de
California, México, 1971/72-2013/14**

INFORME TÉCNICO

**MANUEL OTILIO NEVÁREZ MARTÍNEZ
MA. DE LOS ÁNGELES MARTÍNEZ ZAVALA
JOSÉ PABLO SANTOS MOLINA
MA. ELVIRA GONZÁLEZ CORONA
ALMA E. LÓPEZ LAGUNA**

Guaymas, Sonora. Junio de 2015

Evaluación poblacional de la sardina monterrey (*Sardinops sagax*) en el Golfo de California, México, 1971/72-2013/14.

Manuel Otilio Nevárez Martínez, Ma. de los Ángeles Martínez Zavala, J. Pablo Santos Molina, Ma. Elvira González Corona y Alma E. López Lagunas

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

RESUMEN

Se presenta un análisis poblacional de sardina monterrey (*Sardinops sagax*) del Golfo de California, para el periodo de 1971/72 a 2013/14. Para ello se utilizó ASAP (Age Structured Assessment Program), el cual permitió estimar el tamaño de la población por grupo de edad, la mortalidad por pesca y también generar algunos puntos de referencia biológicos. Los resultados indicaron una gran variabilidad interanual en las series (reclutas, reproductores y totales, en números y toneladas): el reclutamiento se incrementó desde principios de los años setentas, hasta alcanzar un pico a mediados de los ochentas, cayendo a niveles muy bajos entre 1990-1991 y de nuevo una tendencia ascendente con alta variabilidad aumentando hasta un máximo histórico en la temporada 2007-2008. La serie de abundancia de adultos reproductores sigue una tendencia similar, aunque los picos estuvieron corridos un año con respecto al reclutamiento. En los últimos años la tendencia en las series ha sido descendente, con la biomasa de reproductores oscilando alrededor de las 750 mil toneladas. La tasa de mortalidad por pesca y la tasa de explotación ($E=F/Z$) anual muestran los valores por debajo de 0.15/año durante casi todo el periodo de tiempo, con algunas temporadas en donde estos valores estuvieron entre 0.16 y 0.26, con un primer pico en 1988/89 y el máximo en 2008/09. Un comportamiento similar presenta E (C_{total}/B_{exp}), aunque se observan valores más altos con respecto a la razón F/Z , pero los picos en los mismas temporadas. La mortalidad por pesca y E en el RMS (F_{RMS} y E_{RMS}), fueron mayores a la Factual y Eactual, que fue de 0.003/año y 0.005/año. Por otro lado, el estimado de la biomasa en el RMS fue $B_{RMS}=533,369$ t, biomasa que es menor a la biomasa estimada para los últimos tres años. Al aplicar la regla de control estipulada en el Plan de Manejo Pesquero, se encontró que la población de sardina monterrey ha sido explotada por debajo de la CBA estimada en el periodo de tiempo analizado.

INTRODUCCIÓN

La pesquería de peces pelágicos menores en el Golfo de California es una importante actividad socioeconómica, debido a sus altos volúmenes de captura, pues ha llegado a aportar hasta el 40% de la captura nacional total (SAGARPA, 2009, 2010). 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.*, 1987, 1995, 1997; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006, 2009), la segunda especie en importancia es la sardina crinuda, y en la última década el aporte de otras especies ha sido importante.

Es ampliamente reconocida la estrecha relación entre el ambiente y los pelágicos menores, por ello las fluctuaciones poblacionales, en tiempo y espacio, se han asociado a la variabilidad ambiental, y se refleja en el comportamiento de las capturas (Nevárez-Martínez *et al.*, 2001). En la escala interanual, la variación ambiental más importante en el Golfo es causada por los eventos El Niño y La Niña (Soto-Mardones *et al.*, 1999), cuyos efectos pueden alterar la distribución, abundancia y disponibilidad de la sardina monterrey en las zonas tradicionales de pesca; en contraste, la sardina crinuda presenta un comportamiento contrario al de la sardina monterrey, lo cual se refleja en la tendencia inversa de las capturas de ambas especies (Molina-Valdéz *et al.*, 1984; Lluch-Belda *et al.*, 1986, 1996; Cisneros-Mata *et al.*, 1997; Hammann *et al.*, 1988; Martínez-Zavala *et al.*, 2010).

En este trabajo se presenta la evaluación de la población de sardina monterrey (*Sardinops sagax*) que se ha capturado en el Golfo de California, durante el periodo de 1971/72 a 2013/14, la cual está enmarcada en el Plan de Manejo Pesquero de la Pesquería de Pelágicos Menores (Diario Oficial de la Federación, 2012).

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, 1958, 1964; Roden y Groves, 1959; Álvarez-Borrego, 1983; 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.

Se ha demostrado que el Golfo de California responde a la variabilidad interanual asociada con eventos El Niño - Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) (Baumgartner y Christensen, 1985; Robles y Marinone, 1987; Ripa y Marinone, 1989), a través de cambios en el nivel del mar y de temperatura superficial, aunque se ha mencionado que no toda la variabilidad interanual está necesariamente asociada a eventos ENSO (Lavín *et al.*, 1995, 1997).

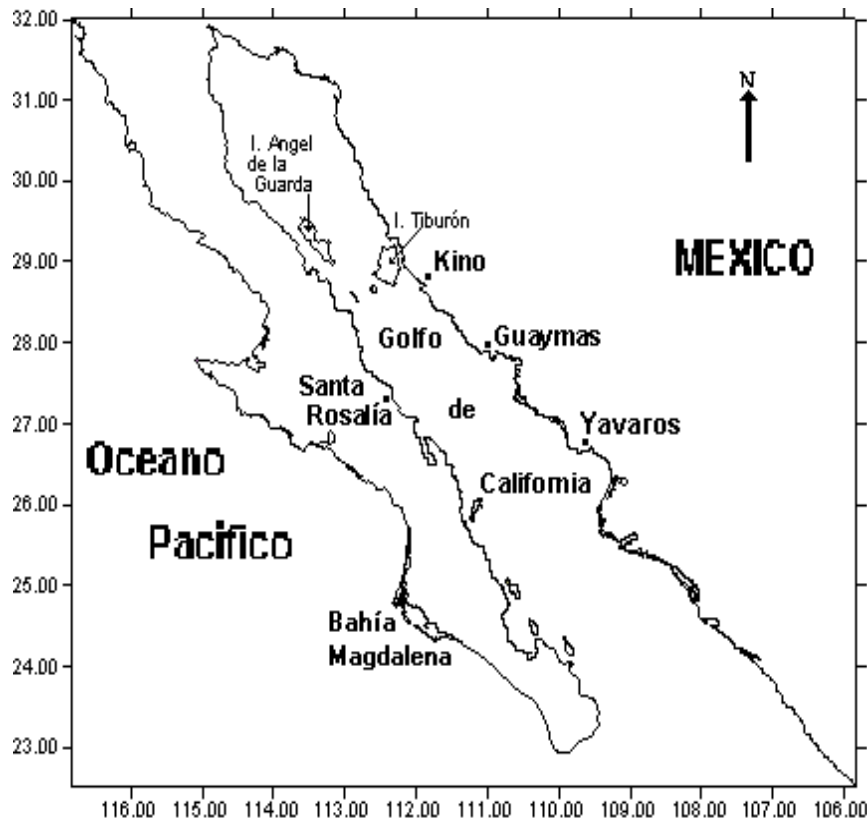


Figura 1. Golfo de California, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fuente de información pesquera

Se utilizó la información biológica y pesquera de sardina monterrey acopiada durante 43 temporadas de pesca (1971/72 a 2013/2014), la cual 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-SAGARPA de los puertos de Guaymas y Huatabampo, Sonora, que comprenden desde la temporada 1971/72 hasta 2013/14 de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California.

La información biológica proveniente de muestreos masivos, basados en una muestra de 10 kg de peces por barco/viaje, de la cual se tomó una sub-muestra de hasta cinco peces por intervalo de talla para realizar el muestreo biológico, en el cual se registra longitud patrón, peso total, sexo y madurez gonádica, así como la colecta de otolitos.

Información Independiente de la pesquería

Se obtuvieron cinco indicadores de abundancia relativos, independientes de la pesquería.

A partir de información de cruceros de prospección (1990 - 2014), acústica (2008 – 2014), que se realizan en el Golfo de California, a bordo del Barco de Investigación Pesquera “BIP XI”. Durante los cruceros de prospección se realizaron lances o arrastres con una red de arrastre de media agua, con una duración aproximada de 30

minutos. En los lances positivos se registró la captura por especie, en peso y en número de individuos, y se realizaron los muestreos biológicos correspondientes. El índice de abundancia relativa se obtuvo como el número de sardina monterrey por kilómetro cuadrado (número/km²) anual de la serie histórica de cruceros (1990 – 2014). Se estimó un intervalo de confianza (95%), de acuerdo al procedimiento estadístico general: $x \pm t_{(1-\alpha/2)} * s / \sqrt{n}$

En el caso de la prospección acústica, se sigue un derrotero establecido, realizando transeptos paralelos entre si y perpendiculares a la línea de costa, espaciados cada 10 millas náutica y hasta la isobata de los 200 m, en las costas de Sonora; en el margen occidental del Golfo, se realizan transeptos en zigzag. Se utiliza un ecosonda científica Simrad EK60 para el registro de ecogramas, la cual está provista de un transductor de 38 kHz de haz dividido y de un transductor de 120 kHz. A partir de estos datos Nevárez-Martínez *et al.*, (2015), siguiendo a Simmonds *et al.* (1992), MacLennan *et al.* (2002) y Simmonds y MacLennan (2005), obtuvieron estimados de la abundancia anual de sardina monterrey (toneladas/año) de la serie de cruceros (2008 – 2013).

El tercer índice de abundancia relativo consistió en el número de huevos y larvas de sardina monterrey 10 m² (número/10m²), los cuales se obtuvieron de una serie de cruceros ictioplanctonicos (1971- 1988) realizados en el Golfo de California (vg. Nevárez-Martínez, 1990).

Se utilizó un cuarto indicador de abundancia relativo, obtenido por Lluch-Cota *et al.*, (1999), el cual fue construido a partir de la combinación de la proporción de estaciones positivas de huevos/larvas de sardina monterrey y del índice de surgencias de la costa de Sonora, y el índice define la probabilidad de desove.

Y se utilizó un quinto indicador de abundancia relativo independiente de la pesquería, obtenido por la Dra. Enriqueta Velarde (UV-ICiMaP, com. pers.), quien construyo un índice de la proporción de sardina en la dieta de aves (charran y gaviota ploma) (vg. Velarde *et al.*, 1994).

Tabla 1. Índices de abundancia relativa de sardina monterrey, independientes de la pesquería, en el Golfo de California.

1.	Índice de abundancia relativa anual de datos de cruceros de prospección: Número de sardina monterrey por kilómetro cuadrado (número/km ²), de la serie histórica de cruceros (1990 – 2014).
2.	Índice de abundancia relativa anual de datos acústicos de cruceros: Toneladas por año (t/año), de la serie de cruceros (2008 – 2014).
3.	Índice de abundancia relativa de datos de cruceros ictioplanctonicos, consistente en el número de huevos y larvas de sardina monterrey
4.	Índice de probabilidad del desove de sardina monterrey
5.	Índice de proporción de sardina monterrey en la dieta de aves.

Procesamiento de información pesquera

Con la información de los muestreos masivos y biológicos se determinaron, para cada temporada de pesca, las distribuciones de frecuencias de tallas de la sardina monterrey capturada en el Golfo de California. También se estimaron los parámetros de la relación longitud – peso, para cada temporada de pesca:

$$W = aLP^b$$

Donde W es el peso, LP es la longitud patrón, mientras que a y b son los coeficientes estimados.

Con esta información y la captura total en peso de la temporada se calcularon los números totales de organismos por intervalos de tallas en la captura.

Se determinó la edad de las sardinas a partir de los otolitos recolectados en los diferentes años. Las edades de los organismos fueron asignadas en función de los anillos contados, iniciando en el grupo de edad 0 (menores de un año de edad). Con esta información se elaboró una clave edad – longitud, con la cual se obtuvo el número total de sardinas capturadas por grupo de edad para cada temporada de pesca.

Para la estimación histórica del número de organismos y la mortalidad por pesca por edad y año se utilizó el modelo *Age Structured Assessment Program* (ASAP), el cual fue desarrollado usando el programa AD Model Builder (Legault y Restrepo, 1999). ASAP es una eficiente herramienta para la optimización que usa un algoritmo de diferenciación automática para encontrar una solución rápida usando derivadas calculadas dentro de la precisión de la máquina, aun cuando el número de parámetros a estimar sea bastante grande. El modelo está basado en cálculos hacia adelante suponiendo separabilidad de la mortalidad por pesca en componentes de años y edades. Además, el modelo puede incluir índices de abundancia independientes de la pesca, los cuales se supone representan cambios en la población sobre el tiempo para rangos de edad específicos y pueden ser medidos en número o en peso (Hill *et al.* 2006).

De esta forma se calcularon las series de tiempo de número de organismos por grupo de edad, a partir de los cuales se estimó el número de reclutas (R_t), la abundancia de reproductores (N_{rep}) y la abundancia total (N_{total}) por temporada de pesca. Como reclutas se consideraron los estimados del número de organismos del grupo de edad cero para cada temporada de pesca considerada en el análisis. La abundancia de reproductores fue estimada como el número de sobrevivientes a la mitad del intervalo de tiempo; la abundancia total fue la suma de todos los grupos de edad.

La mortalidad natural (M) utilizada en el análisis fue de $M=0.7/año$. Para obtener los estimados de biomasa, se multiplicaron los estimados de abundancia por grupo de edad por el peso promedio a la edad.

Para estimar la mortalidad por pesca por temporada de pesca (F_y), ponderada por la abundancia numérica, se multiplicó la mortalidad por pesca a la edad por el número de supervivientes a cada grupo de edad, utilizando los grupos de edad 1 a 6. Se sumaron los productos y se dividieron por la suma total de organismos supervivientes de la temporada (grupos de edad 1 a 6):

$$F_y = \frac{\sum_1^a F(a, y) * N(a, y)}{\sum_1^a N(a, y)}$$

La tasa de explotación por temporada (E_y) se estimó como la razón entre F_y y la suma de F_y y M . Por otra parte, la E en el rendimiento máximo sostenible (ERMS) se estimó como la razón entre FRMS y (FRMS + M).

La información de la matriz de número de individuos a la edad fue multiplicada por la selectividad estimada a la edad para cada temporada de pesca y luego por el peso promedio a la edad, para de esa manera estimar la biomasa explotable (Bexp) por temporada de pesca.

Se aplicó la regla de control estipulada en el Plan de Manejo Pesquero de la Pesquería de Pelágicos Menores (Diario Oficial de la Federación, 2012): $C = (B - B_{MIN}) * FRACCION$; donde C es el nivel objetivo de captura, B_{MIN} es el nivel más bajo de biomasa estimada a la cual la captura dirigida es permitida (Morales-Bojórquez y Nevárez-Martínez, 2005) y $FRACCION$ es la proporción de la biomasa arriba de B_{MIN} que puede ser capturada por la pesquería y en este caso está definida como la razón: $FRMS / (M + FRMS) = FRACCION$.

RESULTADOS

Captura histórica

Las capturas totales en esta pesquería han sido muy variables a lo largo del tiempo (Fig. 2), tanto en el volumen de sus capturas como en la composición específica. Se observa que en las primeras 10 temporadas se presentaron valores de capturas relativamente pequeños, menores a 75,000 t; enseguida se presentó una tendencia

ascendente hasta alcanzar un pico (312,000 t) en la temporada de pesca 1988/89. Entre 1989/90 inicia un descenso muy marcado que llega a un nivel bajo de menos de 80,000 t en 1992/93, para de nuevo a partir de 1993/94 iniciarse otro periodo de crecimiento en las capturas, llegando a un máximo (~560,000 t) en la temporada de pesca 2008/09. Entre 2009/10 y 2013/14 las capturas totales muestran una tendencia descendente, con capturas de alrededor de 295,000 t en la temporada 2013/14. Esta tendencia en las capturas totales en general ha estado definida por las capturas de sardina monterrey, cuyas valores han presentado una muy alta variabilidad interanual, presentándose un nivel muy bajo en el periodo 1991/92 y 1992/93 y en las últimas temporadas han presentado una tendencia descendente tal, que en la temporada de pesca 2013/14 se registraron solo 3,800 t.

Por otro lado se observó que se presentaron incrementos en las capturas de sardina crinuda cuando disminuyeron las de sardina monterrey, aunque en la última década ha cambiado el comportamiento de las capturas y otras especies, como por ejemplo la sardina bocona han registrado importantes volúmenes de desembarques (Fig. 2 y 3).

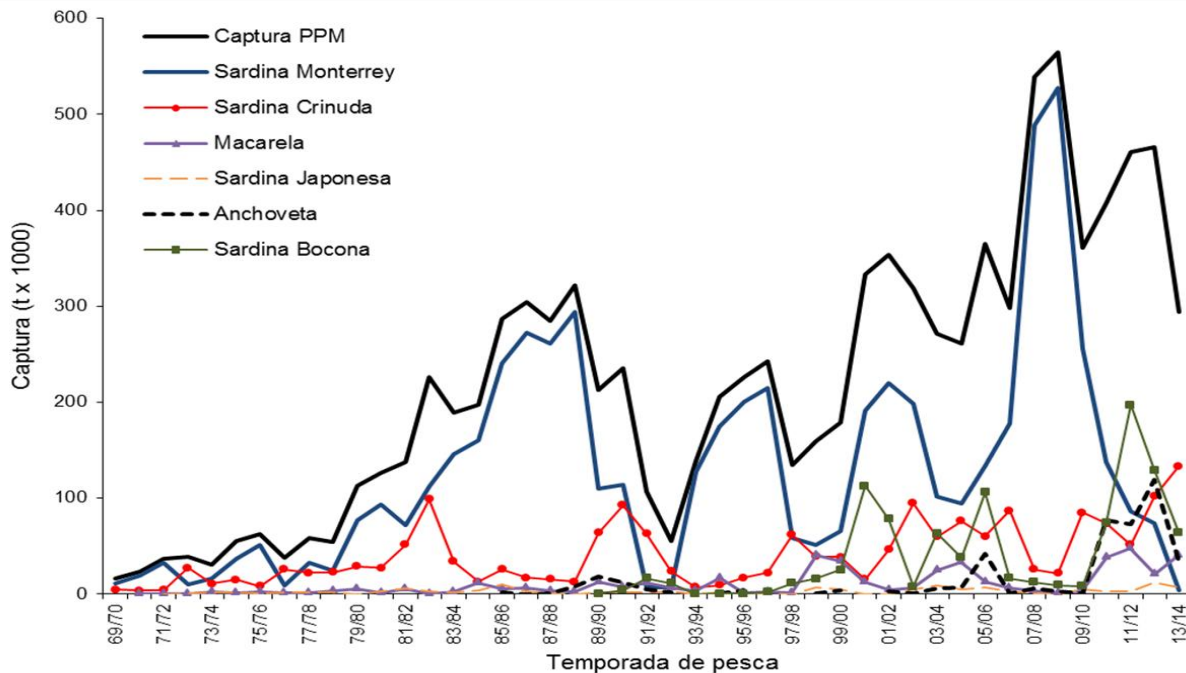


Figura 2. Capturas históricas de la pesquería de pelágicos menores en Sonora, temporadas de pesca 1969/70 - 2013/2014.

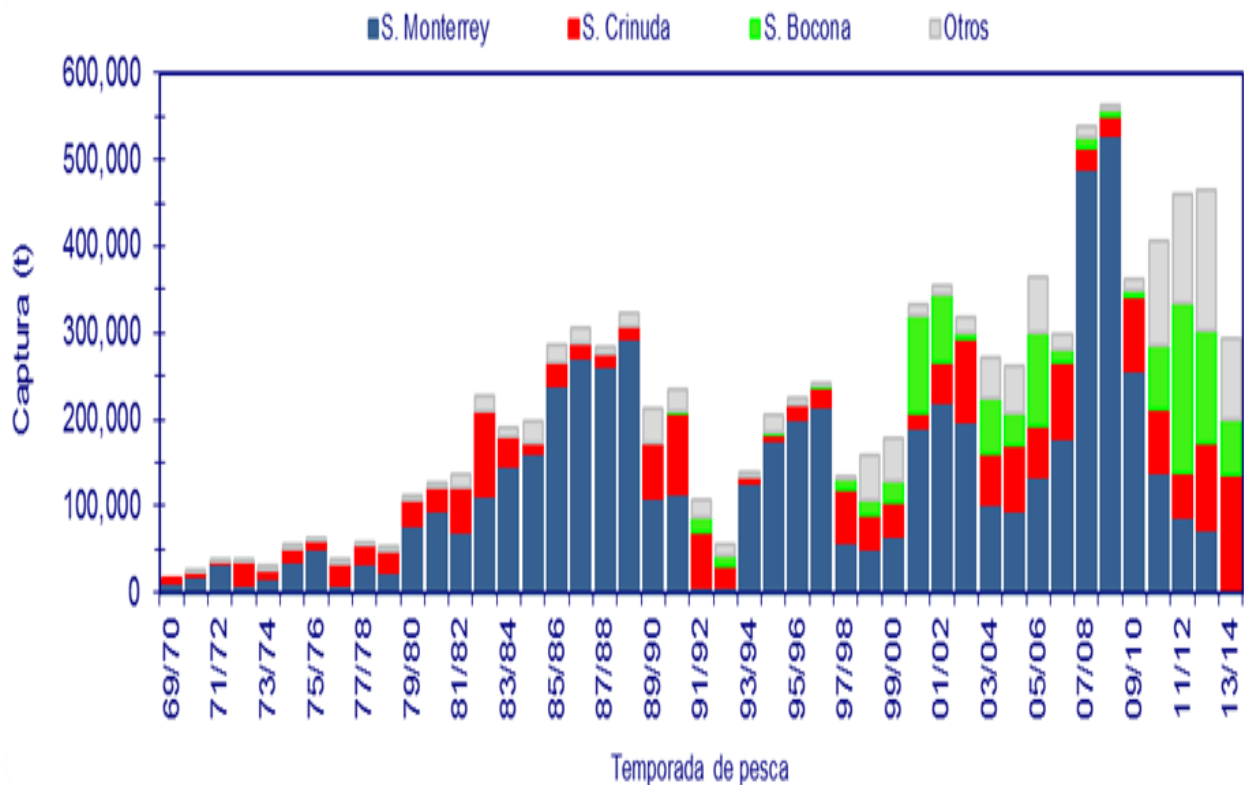


Figura 3. Capturas históricas de sardina monterrey, sardina crinuda y sardina bocona, de la pesquería de pelágicos menores en Sonora, temporadas de pesca 1969/70-2013/2014.

Índices de abundancia independientes de la pesquería

El ajuste obtenido para los índices de abundancia relativa de sardina monterrey se muestra en la figura 4. De acuerdo a los datos (observados y ajustados), se presentó gran variabilidad, con una tendencia de ascenso en la abundancia entre principios de los setentas a mediados de los ochentas y luego una tendencia descendente a valores bajos a principios de los noventas y luego una tendencia ascendente y finalmente en los últimos seis años una notable tendencia descendente (Fig. 4).

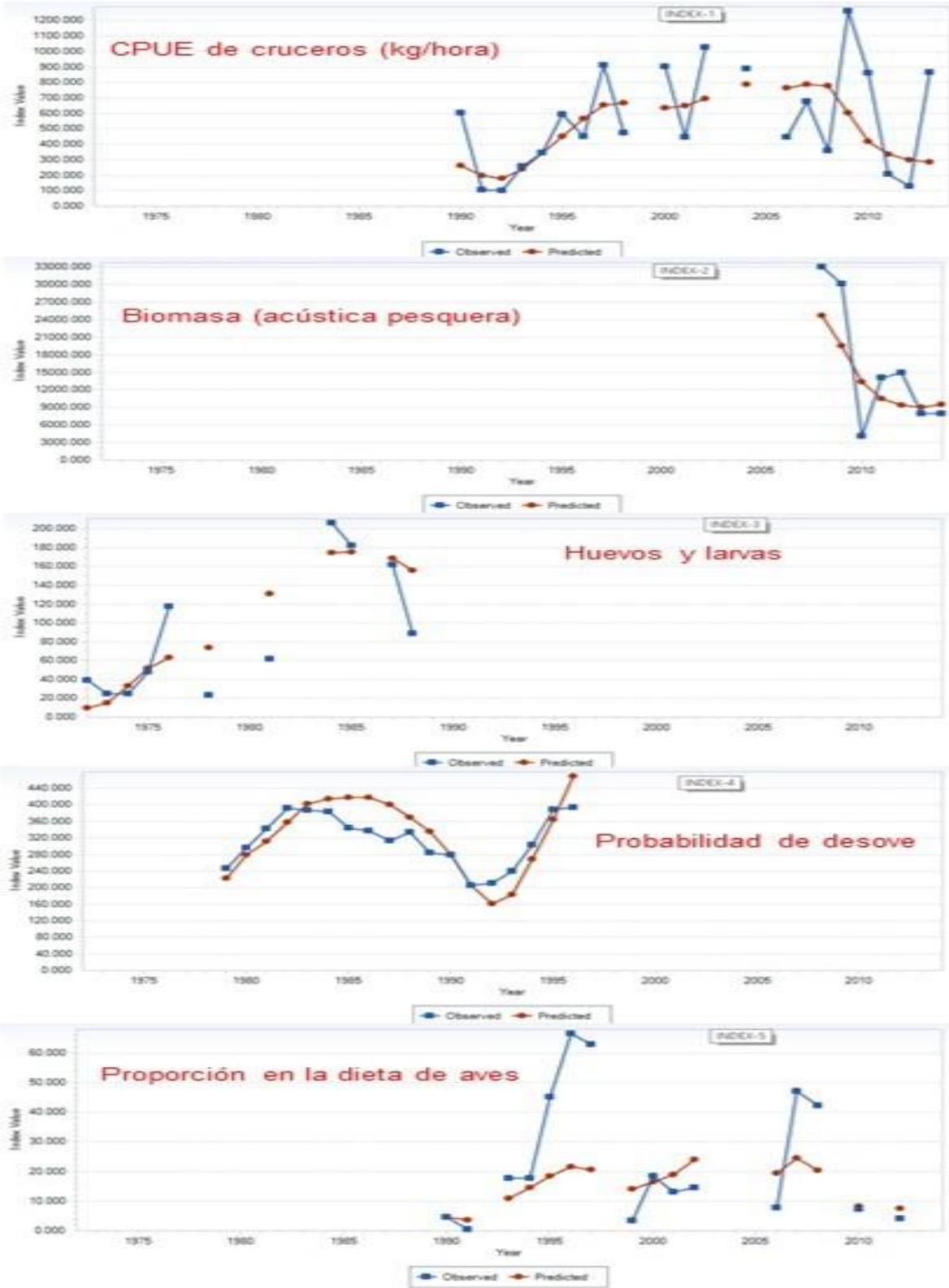


Figura 4. Índices de abundancia relativa independiente de la pesquería: en azul los datos observados y en rojo los valores ajustados por ASAP.

Abundancia de la población

Los resultados de abundancia numérica obtenidos con ASAP, indicaron una gran variabilidad interanual y por décadas en las tres series (Fig. 5); el número de reclutas (NR) se incrementó desde principios de los años 1970's, hasta alcanzar un pico a mediados de los 1980's, cayendo a niveles muy bajos entre 1990-1991 y de nuevo una tendencia ascendente, con alta variabilidad, llegando hasta un máximo histórico en la temporada 2006-2007, para dos años después bajar a una cuarta parte de ese valor máximo. La serie de abundancia de adultos reproductores (Nrep) sigue una tendencia similar, aunque los picos han estado corridos un año con respecto al reclutamiento. En los últimos años la tendencia, en las tres series, ha sido descendente, con bajos reclutamientos que se han reflejado en la abundancia de adultos y en el total (Ntotal) (Fig. 5).

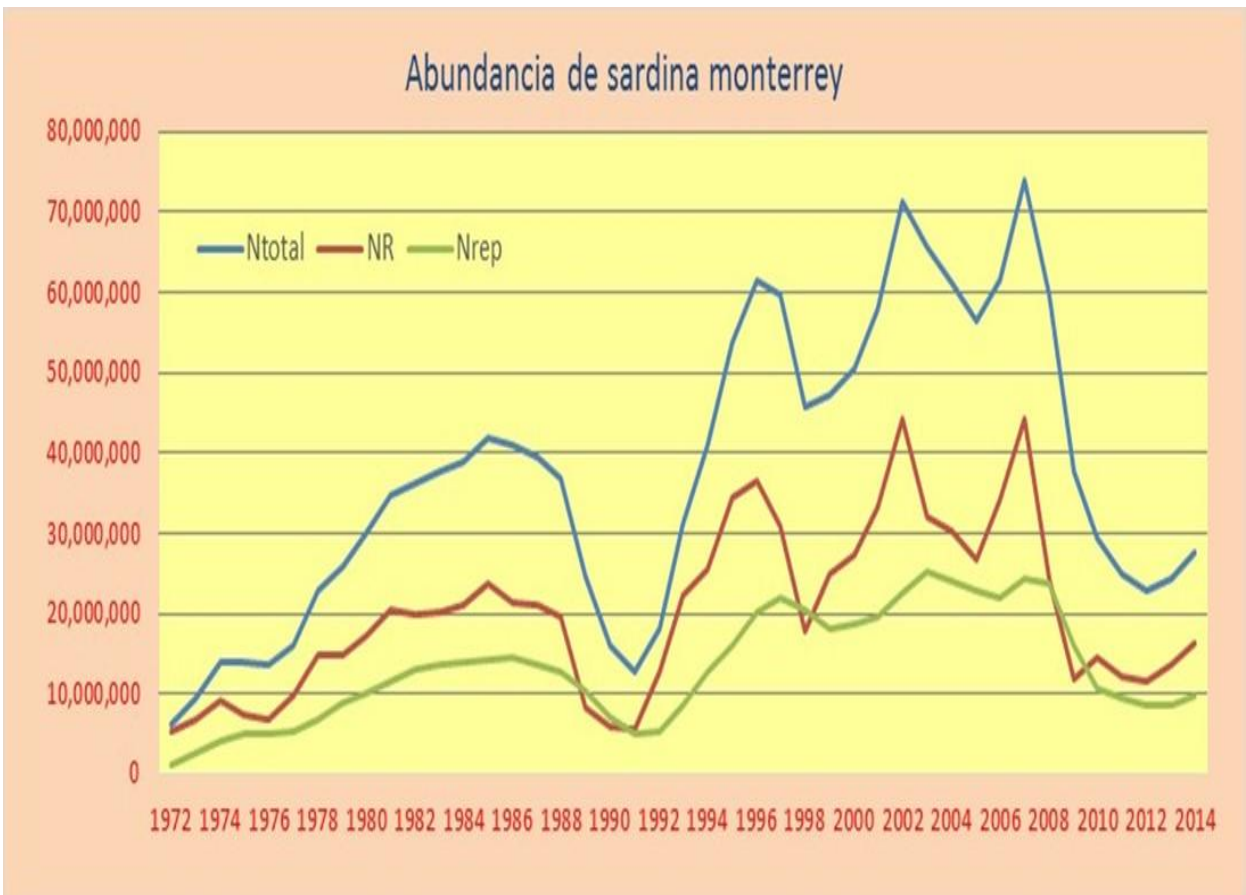


Figura 5. Series de tiempo de reclutamiento (Rt), la abundancia de adultos (NtA) y la abundancia total (NtTotal) de sardina monterrey del Golfo de California.

Biomasa de la población

Las series de biomasa de adultos (Brep) y total (Btotal) también mostraron un comportamiento ascendente hasta un pico a mediados de los años ochenta, para enseguida presentar una caída a niveles de biomasa similares a la de mediados de los años setenta y luego de nuevo una tendencia ascendente, con la biomasa total alcanzando un máximo de más de 4.2 millones de toneladas en 2006-2007. Posteriormente, las biomásas decrecieron notablemente y la biomasa de reproductores bajo a un valor de alrededor de 750 mil toneladas entre 2012 y 2014, mientras que la biomasa total osciló alrededor de 1.5 millones de toneladas (Fig. 6).

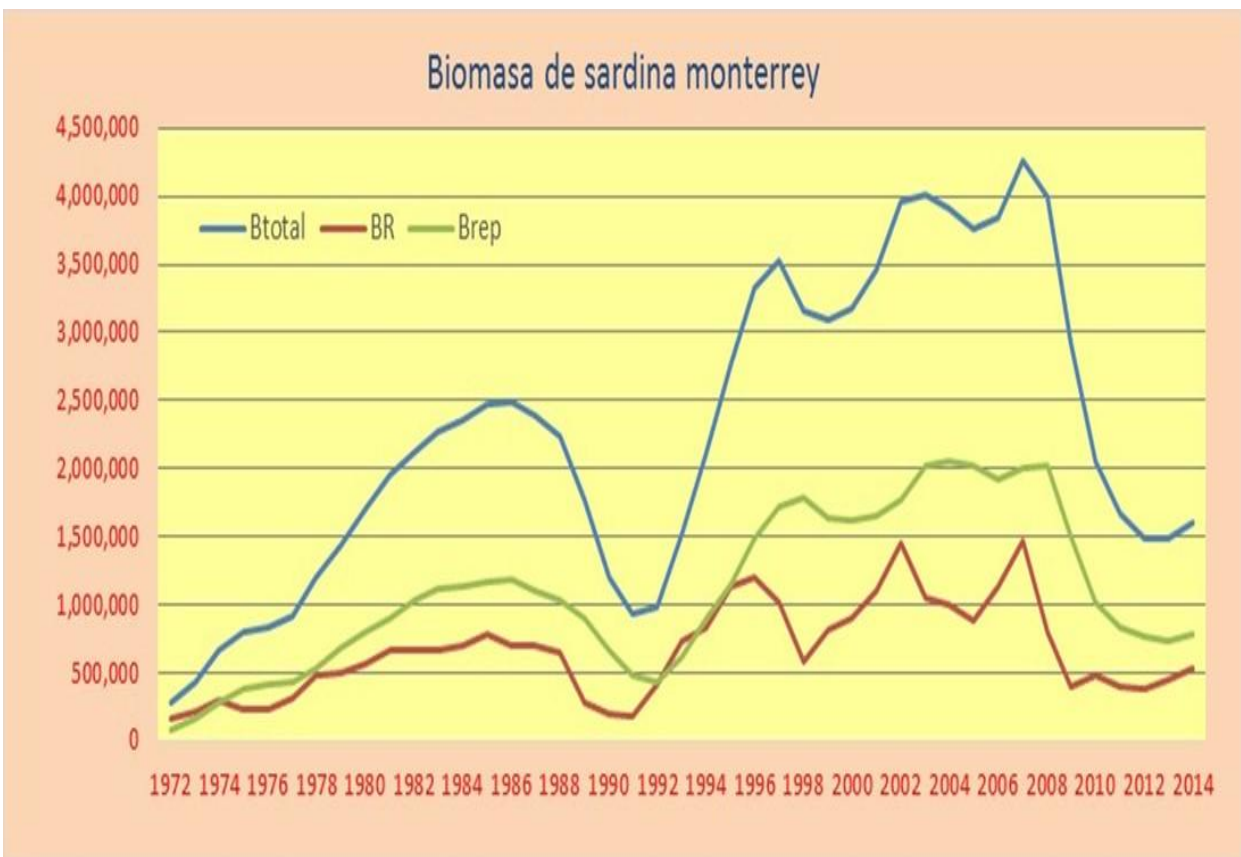


Figura 6. Series de tiempo de biomasa de reclutas (Br), la biomasa de adultos (Ba) y la biomasa total (Bt) de sardina monterrey del Golfo de California.

La biomasa explotable estimada para todo el periodo analizado (Fig. 7), indicó que en los últimos años esta ha disminuido notablemente, con valores alrededor de 750 mil toneladas entre 2011 y 2014.

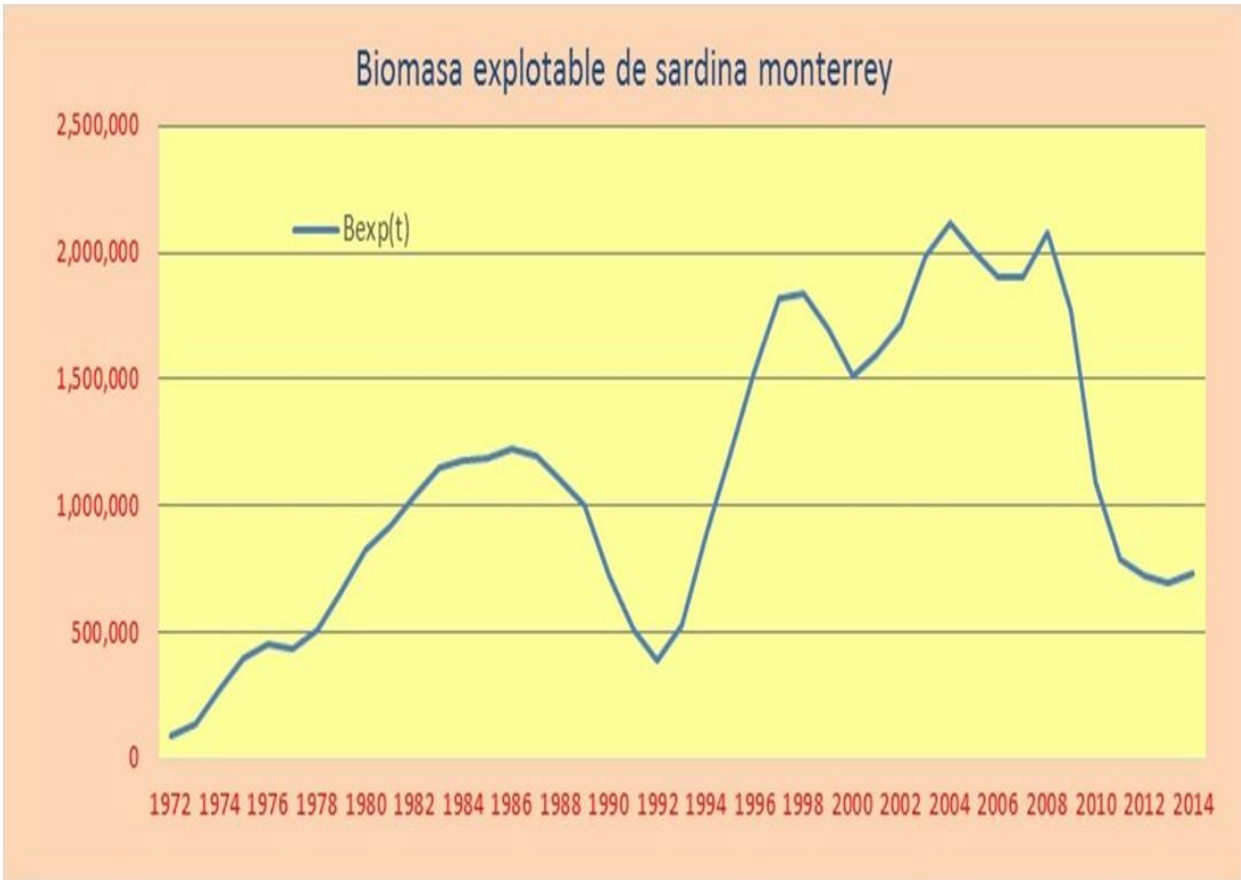


Figura 7. Serie de tiempo de biomasa explotable (Bexp), estimada para la sardina monterrey del Golfo de California.

En la figura 8 se presentan los estimados de reclutamiento, biomasa de reproductores, la biomasa total y la biomasa explotable, con sus respectivos intervalos de confianza (+ una desviación estándar y – una desviación estándar), mostrando la incertidumbre asociada en estas series de tiempo.

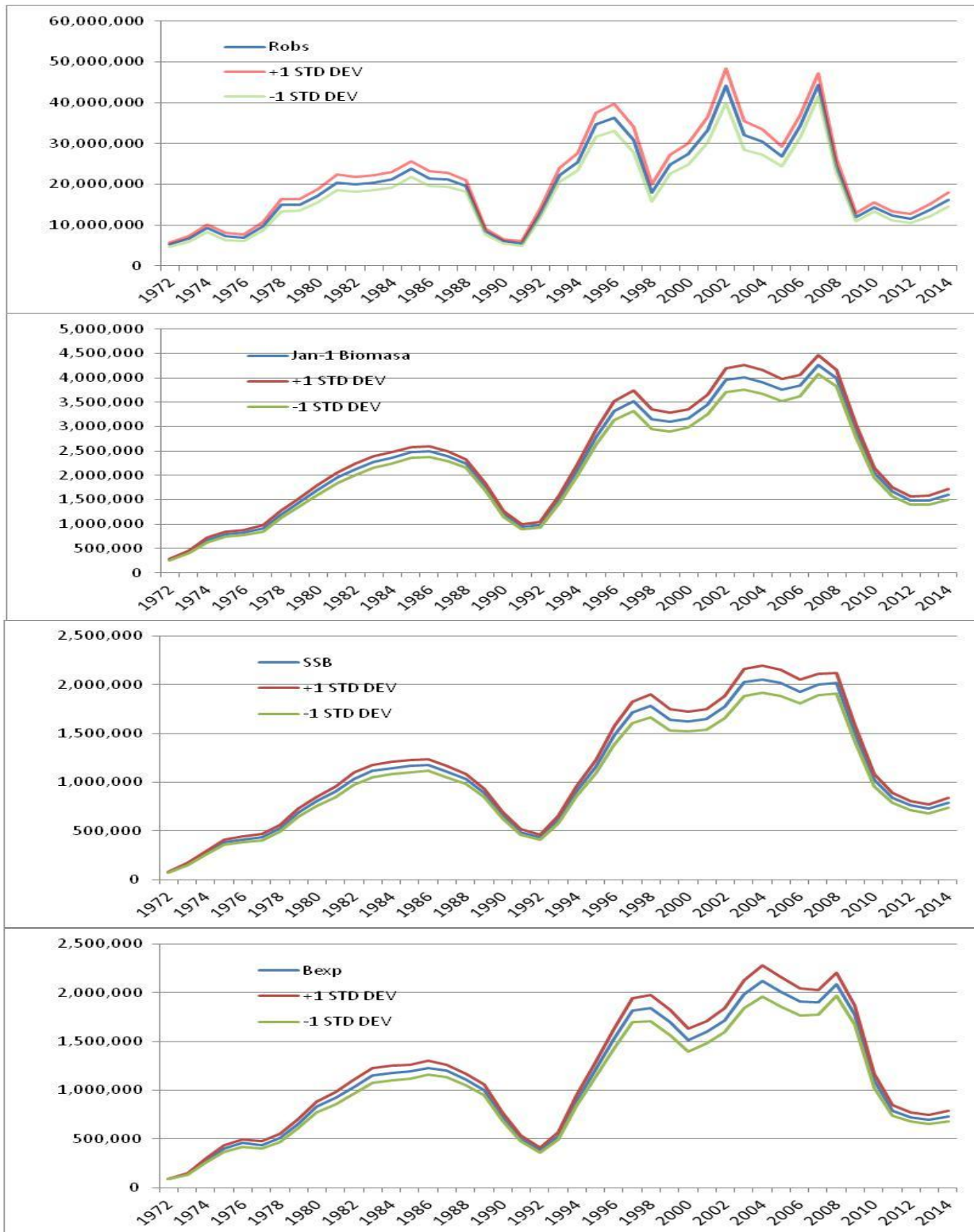


Figura 8. Series de tiempo, con +- una desviación estándar, del reclutamiento observado (Robs), biomasa total, biomasa de reproductores (SSB) y biomasa explotable (Bexp), estimada para la sardina monterrey del Golfo de California.

Tasa de mortalidad por pesca

La tasa de mortalidad por pesca anual (F_{anual}) y la tasa de explotación ($E=F/Z$) anual muestran que los valores estuvieron por debajo de 0.15/año durante casi todo el periodo de tiempo, con algunas temporadas en donde estos valores estuvieron entre 0.16 y 0.26, con un primer pico en 1988/89 y el máximo en 2008/09. Un comportamiento similar presenta E ($C_{\text{total}}/B_{\text{exp}}$), aunque se observan valores más altos con respecto a la razón F/Z , pero los picos se presentan en las mismas temporadas (Fig. 9). Los valores estimados para los últimos tres años han sido bastante bajos, sobre todo si se comparan con respecto al año máximo.

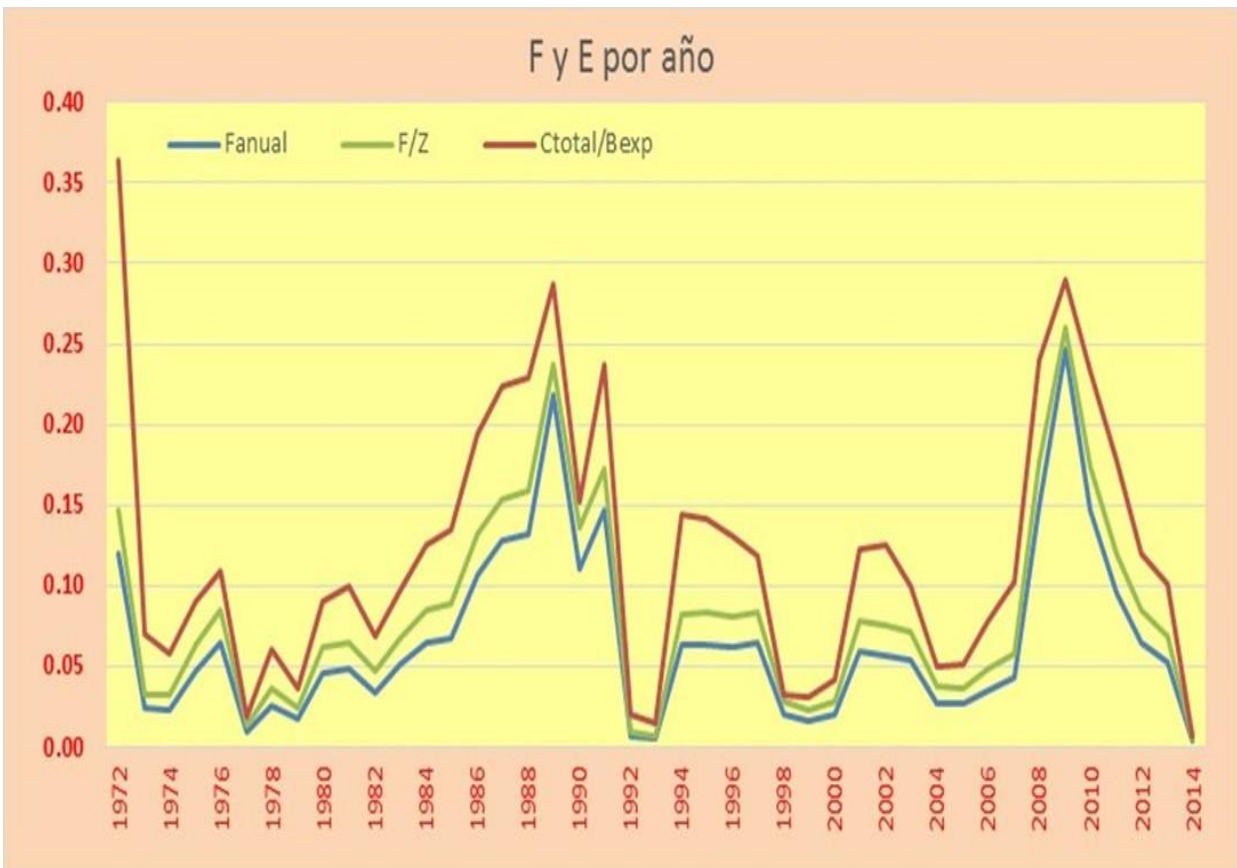


Figura 9. Tasas de mortalidad por pesca (F_{anual}) y tasa de explotación anual ($E=F/Z$ y $E=C_{\text{total}}/B_{\text{exp}}$) obtenidas con ASAP para la sardina monterrey del Golfo de California.

Relación stock-Reclutamiento

El diagrama de dispersión entre la biomasa del stock reproductor o desovante y el reclutamiento (Fig. 10) mostró que a bajo niveles de biomasa de reproductores se generaron bajos niveles de reclutas, mientras que niveles intermedios y altos de reproductores se presentaron los valores más altos de reclutas, aunque en esa región se observó la mayor variabilidad en el reclutamiento. El programa ASAP incorpora el modelo de Beverton y Holt y cuya curva ajustada se representan con puntos rojos en la figura 10.

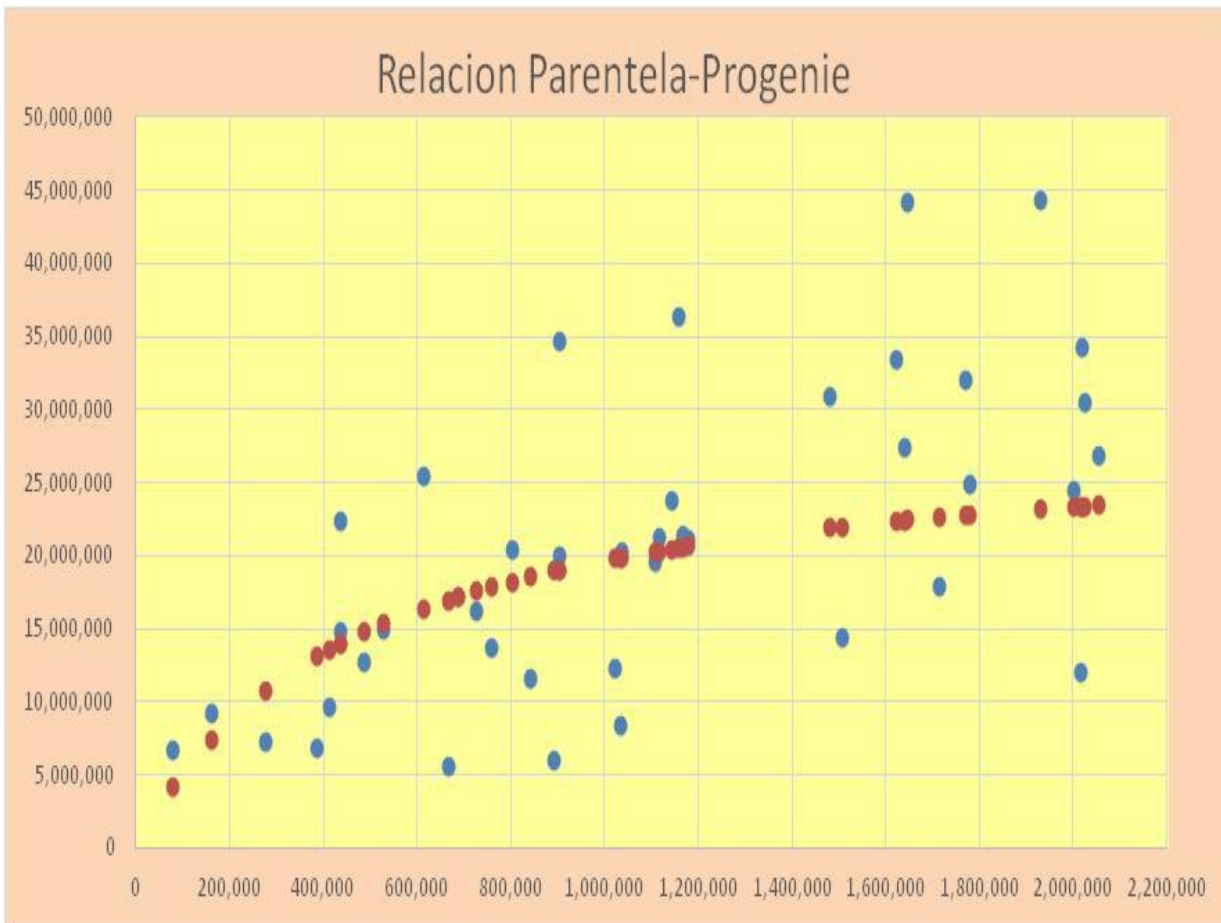


Figura 10. Relación stock reproductivo-reclutamiento obtenida con ASAP para la sardina monterrey del Golfo de California.

Los puntos de referencia estimados por ASAP fueron los siguientes:

	F	Slope to plot on SRR
F0.1	0.48	42.9
Fmax	1.69	337.18
F30%SPR	0.53	47.26
F40%SPR	0.38	35.45
Fmsy	0.28	28.86
Factual	0.003	14.38

Además, la biomasa en el rendimiento máximo sostenible (BRMS) estimada por ASAP fue de BRMS= 533,369 toneladas.

Estrategia de captura – Regla de control

Considerando la dinámica de la población de sardina monterrey en el periodo de 1971/72 al 2013/14, y al aplicar la regla de control estipulada en el Plan de Manejo Pesquero, se observó (Fig. 11) que, con excepción de un año, no se han presentado capturas por encima de los estimados de las capturas biológicamente aceptables (CBA) para este especie; esa temporada de pesca fue la 2008-2009, cuando las capturas registradas fueron un 7.7% más altas que las CBA (Fig. 11). En los últimos años las capturas registradas estuvieron muy por debajo de las CBA estimadas, aspecto que coincide con los bajos niveles de explotación estimados para esas temporadas (Véase Fig. 9).

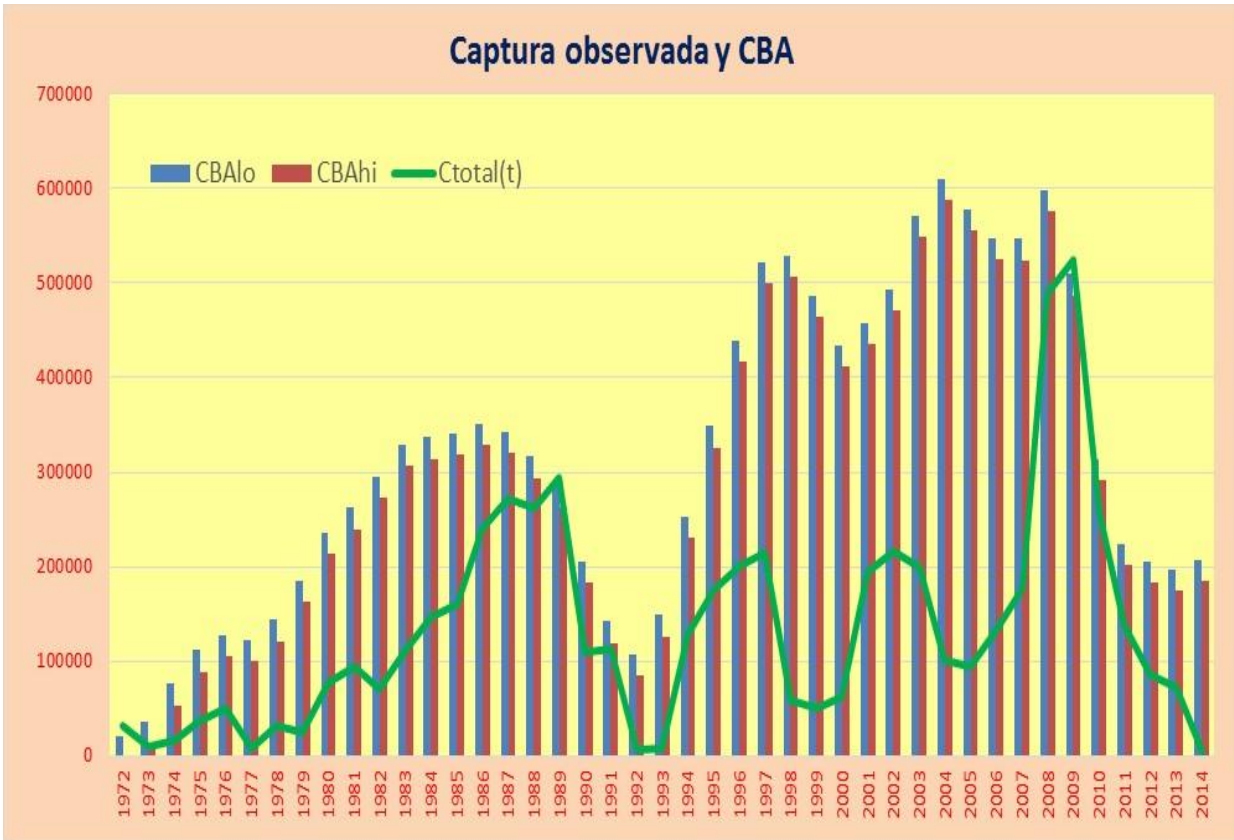


Figura 11. Capturas biológicamente aceptables estimadas mediante ASAP y su relación con las capturas observadas durante el periodo de tiempo analizado para la sardina monterrey del Golfo de California.

Por otro lado, y tomando en cuenta la tendencia actual en la biomasa de la sardina monterrey, así como un nivel de explotación de 0.25, la CBA para el periodo 2014-2015 estaría en el orden de las 128,367 y 147,702 toneladas.

Discusión y conclusión

De acuerdo a Legault y Restrepo (1999), la flexibilidad ofrecida por ASAP es una continuación de la tendencia en los programas de evaluación de stock desde la estructura relativamente simple de Fournier y Archivald (1982) y Deriso *et al.* (1985) a los de estructura más flexible que se encuentran en Methot (1998), Ianelli y Fournier

(1998). También menciona que la característica distintiva entre el enfoque ASAP y el que se encuentra en el Análisis de Población Virtual (VPA) (Gavaris, 1988; Powers y Restrepo, 1992) es que el VPA asume que la captura por edad se mide sin error, mientras ASAP asume que la captura observada a la edad varía en torno a su verdadero valor (Legault y Restrepo, 1999).

El programa ASAP, en general, indicó que hay una gran variabilidad interanual en las series de tiempo de abundancia (tanto en número como en biomasa). También se observa que hay dos niveles poblacionales, uno que tiene un pico a mediados de los años ochenta y otro que tiene sus valores más altos entre 2002 y 2008, alcanzando niveles poblacionales de casi el doble de tamaño comparado con el primer periodo. Por otra parte, los niveles de explotación sobre la sardina monterrey han sido bajos, pues con excepción de 1988-1989 y 2008-2009, en el resto de los años los niveles han sido menores de 0.15/año, mientras que la FRMS estimada fue de 0.28. Este comentario se refuerza cuando se comparan con los estimados de la razón entre la captura observada y la biomasa explotable, ya que en ambos casos es obvia la diferencia entre lo que se podría haber explotado y lo que se explotó realmente, indicando que los niveles de explotación a los que ha estado sometida esta especie están por debajo de lo biológicamente adecuado.

Se puede concluir que la población de sardina monterrey se encuentra saludable, ya que por un lado el reclutamiento se ha mantenido alto y por otro las mortalidades por pesca han sido bajas, y por lo tanto el reclutamiento no se encuentra en peligro de sobrepesca. Asimismo, los niveles de explotación estimados para esta especie han sido bajos hasta la fecha.

LITERATURA CONSULTADA

- Álvarez-Borrogo, S. 1983. Gulf of California. En: Estuaries and Enclosed Seas, (B.H. Ketchum, ed.) Elsevier, New York.
- Badan-Dangon, A., D. Koblinsky y T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta* 8(1): 13-22.
- Baumgartner, T. R. y N. Christensen. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *J. Mar. Res.* 43: 825-848.
- Beier, E. 1997. A numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California. *J. Physical Oceanography* 27: 615-632.
- Bray, N.A. 1988. Thermohaline circulation in the Gulf of California. *J. Geophys. Research* 93: 4993-5020.
- Cisneros-Mata, M.A., J.P. Santos-Molina, J.A. De Anda, A. Sánchez-Palafox y J.J. Estrada-García. 1987. Pesquería de sardina en el noroeste de México (1985/1986). Informe de Investigación (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Guaymas. 79p.
- 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.
- Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez, M.A. Martínez-Zavala, M.L. Anguiano-Carrasco, J.P. Santos-Molina, A.R. Godínez-Cota y G. Montemayor-López. 1997. Diagnóstico de la Pesquería de Pelágicos Menores del golfo de California de 1991/92 a 1995/96. Informe de Investigación (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera -Guaymas. 59p.
- Deriso, R., T.J. Quinn II y P.R. Neal. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:815-824
- Diario Oficial de la Federación. 2012. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización el Plan de Manejo Pesquero para la pesquería de Pelágicos Menores (sardinias, anchovetas, macarelas y afines) del noroeste de México. Diario Oficial de la Federación. México. 8 de noviembre de 2012. 9-59 p.
- Fournier, D. A. y C.P. Archibald. 1982. A general theory for analyzing catch at age data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:1195-1207.
- Gavaris, S. 1988. An Adaptive framework for the estimation of population size. CAFSAC Res. Doc. 88/29. 12pp.
- Hammann, M.G., T. Baumgartner y A. Badan-Dangon. 1988. Coupling of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) life cycle with the Gulf of California pelagic environment. *CalCOFI Rep.* 29: 102-109.
- Hill, K. T., N.C.H. Lo, B. J. Macewicz y R. Felix-Uraga. 2006. Assessment of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) population for U.S. management in 2006. NOAA Tech. Memo. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-386. 75 p.
- Ianelli, J.N. y D. A. Fournier. 1998. Alternative age-structured analysis of the NRC simulated stock assessment data. NOAA Tech. Memo. NMFS-S-F/SPO-30. Pp. 81-96.
- Lavín, M.F., G. Gaxiola-Castro, J.M. Robles y K. Richter. 1995. Winter water masses and nutrients in the northern Gulf of California. *J. Geophys. Res.* 100(5): 8587-8605.
- Lavín, M.F., E. Beier y A. Badan. 1997. Estructura hidrológica y circulación del Golfo de California: escalas estacional e interanual. En: Contribuciones a la Oceanografía Física en México (M.F. Lavín, ed.), Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, p. 141-171.
- Legault, C.M., y R. Restrepo. 1999. A flexible forward age-structures assessment program. *ICCAT Coll. Vol. Pap.* 49 (29): 246-253.
- Lluch-Belda, D., F. J. Magallon y R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. *CalCOFI Rep.* 27: 136-140.

- Lluch-Belda, D., J. Arvizu, 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-Ruíz, S. Lizárraga-Saucedo, M.Á. Martínez-Zavala, R. Morales-Azpeitia, M.O. Nevárez-Martínez, J.P. Santos-Molina, R.I. Ochoa-Báez, R. Rodríguez-Sánchez J.R. Torres-Villegas y F. Páez-Barrera. 1996. La pesquería de sardina y anchoveta. En: *Pesquerías Relevantes de México*. Tomo II. SEPESCA, Instituto Nacional de la Pesca. México. 1100p.
- Lluch-Cota, S.E., D. B. Lluch-Cota, D. Lluch-Belda, M.O. Nevárez-Martínez, A. Parés-Sierra, S. Hernández-Vázquez. 1999. Variability of sardine catch as related to enrichment, concentration, and retention processes in the central Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 40: 184-190.
- MacLennan, D. N.; Fernandes, P. G. and Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 365-369.
- Methot, R. 1998. Application of stock synthesis to NRC test data sets. NOAA Tech. Memo. NMFS-S-F/SPO-30. Pp. 59-80.
- Molina-Valdéz, D., F. Páez-Barrera., F.J., Magallón-Barajas., F.A. Castro F. y C. Castro-Aguirre. 1984. Análisis biológico pesquero de la pesquería de sardina en el puerto de Guaymas, Sonora. SEPESCA, Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera - Guaymas, 276 p.
- Morales-Bojórquez, E. y M.O. Nevárez-Martínez. 2005. Spawner-recruit patterns and investigation of Allen in Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 46: 161-174.
- Nevárez-Martínez, M.O. 2000. Variabilidad de la población de sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional, 103 p.
- Nevárez-Martínez, M.O., D. Lluch-Belda, M. A. Cisneros-Mata, J. P. Santos-Molina, M. A. Martínez-Zavala y S. E. Lluch-Cota. 2001. Distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the environment. *Progress in Oceanography*. 49: 565-580.
- Nevárez-Martínez, M.O., Ma. de los A. Martínez-Zavala, C.E. Coterio-Altamirano, M.L. Jacob-Cervantes, Y.A. Green Ruiz, G. Gluyas-Millán, A. Cota-Villavicencio y J.P. Santos Molina. 2006. Peces Pelágicos Menores. En: *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México*. Evaluación y Manejo, INP-SAGARPA, pp. 263-301.
- Nevárez-Martínez, M.O., Ma. de los A. Martínez-Zavala, J. P. Santos Molina, M. Anguiano-Carrasco, A. Godínez-Cota and C. Cervantes-Valle. 2009. La pesquería de pelágicos menores, su variabilidad y su relación con la variabilidad ambiental y la pesca. SAGARPA, Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, Sonora, México. 56 p.
- Nevárez-Martínez, M.O., Héctor Villalobos, Violeta E. González-Máynez, Ma. de los Ángeles Martínez-Zavala y José Pablo Santos-Molina. 2015. Monitoreo acústico de la sardina monterrey (*sardinops sagax*) en el Golfo de California durante la primavera de 2008 – 2013. Informe Técnico (documento interno), SAGARPA, Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, Sonora, México. 18 p.
- Powers, J.E. y V.R. Restrepo. 1992. Additional options for age-sequenced analysis. *Int. Comm. Cons. Atl. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap.* 39: 346-354.
- Ripa, P. y S.G. Marinone. 1989. Seasonal variability of temperature, salinity, velocity, vorticity and sea level in the central Gulf of California, as inferred from historical data. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 115: 887-913.
- Robles, J.M. y S.G. Marinone. 1987. Seasonal and interannual thermohaline variability on the Guaymas Basin in the Gulf of California. *Cont. Shelf Res.* 7: 715-733.

- Roden, G.I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pac. Sci.* 12: 21-45.
- 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.
- Roden, G.I. y G.W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *J. Mar. Res.* 18(1): 10-35.
- SAGARPA. 2009. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2009. CONAPESCA, SAGARPA. México. 225 p. (<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>).
- SAGARPA. 2010. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2010. CONAPESCA, SAGARPA. México. 289 p. (<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>).
- Simmonds, J. and D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustics: theory and practice. Oxford, xvii, 437 p.
- Simmonds, E.J., N.J. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1992. Acoustic Survey Design and Analysis Procedures: A Comprehensive Review of Current Practice. ICES Cooperative Research Report no. 187. ISSN 1017-6195. 127 + iv pp.
- Sparre, P., E. Ursin y S.C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306 p.
- Soto-Mardones, L., S.G. Marinone y A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espacio temporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 25(1): 1-30.
- Velarde, E., M. S. Tordesillas, L. Vieyra, y R. Esquivel. 1994. Seabirds as indicators of important fish populations in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, 35: 137-143.