



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO  
AGROPECUARIAS Y PESQUERAS**

**EVALUACIÓN Y MANEJO DE PELÁGICOS MENORES:  
APLICACIÓN BIOECONÓMICA AL STOCK DE LA REGIÓN  
SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA.**

**TESIS**

Para obtener el Grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**

PRESENTA

**Mercedes Laura Jacob Cervantes**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. MANUEL O. NEVÁREZ MARTÍNEZ**

**CODIRECTOR DE TESIS**

**DR. SERGIO G. CASTILLO VARGASMACHUCA**

**Xalisco, Nayarit. Diciembre de 2012**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT,  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

Xalisco, Nayarit; 30 de noviembre de 2012

DR. JUAN DIEGO GARCIA PAREDES  
COORDINADOR DEL POSGRADO CBAP  
P R E S E N T E.

Los que suscribimos integrantes del consejo tutorial de la alumna: M.C. MERCEDES LAURA JACOB CERVANTES, hacemos constar que después de haber revisado y corregido el trabajo de tesis titulado: Evaluación y manejo de pelágicos menores: aplicación bioeconómica al stock de la región sur del Golfo de California, hemos determinado que puede ser impreso para continuar con los tramites y aspirar al grado de Doctorado Clásico en Ciencias Biológico Agropecuarias, con opción terminal en Ciencias Pesqueras

ATENTAMENTE  
CONSEJO TUTORIAL

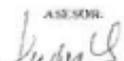
TUTOR:

  
DR. MANUEL G. NEVAREZ MARTÍNEZ

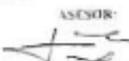
CO-TUTOR:

  
DR. SERGIO G. CASTILLO V.

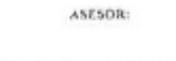
ASESOR:

  
DRA. FLAVIA LÓPEZ MÉTEZ

ASESOR:

  
DR. JESÚS T. PONCE P.

ASESOR:

  
DR. EMILIO PENA MESSINA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/ 407/12

Xalisco, Nayarit , 06 de diciembre de 2012

**Ing. Alfredo González Jáuregui**  
Director de Administración Escolar  
**P r e s e n t e .**

Con base al oficio de fecha 30 de noviembre de 2012, enviado por los CC. Dr. Manuel Otilio Nevárez Martínez, Dr. Sergio Gustavo Castillo Vargasmachuca, Dra. Juana López Martínez, Dr. Jesús Trinidad Ponce Palafox, y Dr. Emilio Peña Messina, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza a la C. Mercedes Laura Jacob Cervantes, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Doctorado.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**

**"Por lo Nuestro a lo Universal"**

**Dr. J. Diego García Paredes**  
**Coordinador del Posgrado**

C.c.p -Minutario  
C.c.p.-Expediente.  
JGGP/ref.

**"Y hubo alegría porque Jesús multiplicó los peces"**

## DEDICATORIA

Quiero dedicar el esfuerzo plasmado en este trabajo a...

Juan Carlos (Charly) mi esposo y compañero de travesía en esta vida y a mi hija Mercedes Karla, quienes en todo momento no dudaron en sacrificarse y apoyarme en la realización de esta meta. Los quiero!!!

A mis padres por darme la vida y ejemplo de amor y asombro a ente todo lo que me rodea y de trabajo y servicio entre otras cualidades.

A mis hermanos Emilio, Alberto, Virginia, Marcela y Ernesto, que me llenan de alegría y que en la distancia mucho me animaron y me apoyaron para terminar con éxito esta etapa profesional y que al igual que a sus familias, les agradezco su cariño.

A todos mis amigos que siempre me han mostrado su cariño y paciencia en todas las etapas de este trabajo. Principalmente a Arturo Ruiz Luna y Lorena Quezada, a José Salgado Barragán y Lucía Tron Mayen y a Isabel Muñoz García con quienes comparto un cariño muy especial y siempre me acompañan en las buenas y en las malas.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero externar mi más amplio agradecimiento al Dr. Manuel O. Nevárez Martínez por el apoyo incondicional que me brindó para la realización de este trabajo. Asimismo agradezco a su equipo de trabajo y en especial a la M. en C. Angeles Martínez Zavala por su apoyo incondicional en todas las etapas de este trabajo.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán, INAPESCA, SAGARPA por las facilidades otorgadas para el uso de información.

A la Universidad Autónoma de Nayarit por su apoyo para llevar a buen término este trabajo de investigación.

A mis compañeros de trabajo y equipo de colaboración del Programa de Pelágicos Menores por su solidaridad en el desarrollo de este trabajo y en especial al M. en C. Roberto Vallarta Zárate por su apoyo en el análisis de información ambiental. Mención especial merece la Dra. Yanira Green Ruiz quien es además una amiga muy querida y siempre me animó y apoyó en la realización de esta tesis.

Finalmente quiero externar mi más amplio reconocimiento a la industria sardinera Maz Industrial, S.A. de C.V. encabezada por el Ing. Armando Coppel Azcona, quien siempre ha brindado su apoyo en la realización de estudios de investigación sobre los peces pelágicos menores en esta región.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	3
ANTECEDENTES .....	7
JUSTIFICACIÓN .....	11
ÁREA DE ESTUDIO .....	12
HIPÓTESIS .....	13
OBJETIVO GENERAL .....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
FUENTES DE INFORMACIÓN .....	16
ANÁLISIS DE POBLACION VIRTUAL .....	17
ANÁLISIS PARENTELA-PROGENIE .....	21
FACTORES AMBIENTALES .....	23
ANÁLISIS BIOECONÓMICO .....	25
RESULTADOS .....	27
CAPTURA Y ESFUERZO .....	27
BIOMASA .....	30
ANÁLISIS PARENTELA-PROGENIE .....	35
INFLUENCIA DEL AMBIENTE .....	36
MODELO BIOECONOMICO .....	42
DISCUSIÓN .....	47
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES .....	56
LITERATURA CITADA .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de pesca de la flota sardinera que desembarca en el Puerto de Mazatlán, Sin. ....	12
Figura 2. Diagrama general de los métodos utilizados en este estudio. ....	15
Para poder tener los valores de entrada (captura (C) en número de individuos por grupo de edad por año) para el análisis de población virtual (APV), se realizaron los siguientes procedimientos esquematizados en la Figura 3 y que son derivados de los muestreos biológicos y las estadísticas pesqueras del periodo de 1972-1973 a 2008-2009 lo que representa 36 años de historia. ....	17
Figura 4. Diagrama para obtener el número de individuos por grupo de edad por año para el stock de sardina crinuda del sur del Golfo de California, modificado de Pereiro (1982). ....	18
Figura 5. Serie Histórica de Captura (ton) y esfuerzo (viajes) de la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California para las temporadas 1972/73-2008/2009. (Modificado de Jacob-Cervantes (2010b)) ..... 28	28
Figura 6. Relación de la captura (ton) y esfuerzo (viajes) de la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California para las temporadas 1971/72-2008/09. ....	29
Figura 7. Esfuerzo (viajes) y CPUE (ton/viaje) de la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California para las temporadas 1972/73-2009-2010. ....	29

Figura 8. Captura en número de organismos por grupo de edad por año, de la sardina crinuda del sur del Golfo de California, temporadas 1972/73 a 2008/2009. ....	31
Figura 9. Números absolutos de sardina crinuda por grupo de edad, temporadas 1972/73 a 2008/2009. ....	31
Figura 10. Mortalidad por pesca anual (F), Mortalidad tota anual (Z) y tasa de explotación anual de la temporada 1971/72 a 2008/2009 para la sardina crinuda del sur del golfo de California. ....	32
Figura 11. Número total de organismos (Nt), número total de adultos (Nd) y número total de reclutas (Rt) para la sardina crinuda del sur del golfo de California, temporadas 1979/80 a 2008/2009. ....	33
Figura 12. Biomasa total (BT), la biomasa de adultos (Bd) y la biomasa de reproductores (Br) para la sardina crinuda del sur del golfo de California, temporadas 1971/72 a 2008/2009. ....	34
Figura 13. Biomasa por grupos de edad para la sardina crinuda del sur del golfo de California, temporadas 1972/73 a 2008/2009. ....	34
Figura 14. Ajuste del Modelo de Riker (1975), a los datos del stock reproductivo y el reclutamiento, para la pesquería de sardina crinuda del sur del golfo de California, 1972/73-2008/09. ....	35
Figura 15. Ajuste del Modelo de Beverton y Holt (1957), a los datos del stock reproductivo y el reclutamiento, para la pesquería de sardina crinuda del sur del golfo de California, 1972/73-2008/09. ....	35

Figura 16. Ajuste del Modelo de Sheperd (1982), a los datos del stock reproductivo y el reclutamiento, para la pesquería de sardina crinuda del sur del golfo de California, 1972/73-2008/09.....	36
Figura 17. Serie histórica de la temperatura superficial del mar para la zona de estudio (región sur del Golfo de California.).....	37
Figura 18. Índice de Surgencia para el periodo de 1974-2011 en la región de Mazatlán, Sinaloa.....	37
Figura 19. Índice de turbulencia para el periodo de 1974-2011 en la región de Mazatlán, Sin. ....	38
Figura 20. Relación de las Capturas mensuales de sardina crinuda y TSM del sur del golfo de California, periodo 1996-2008. Tomado de Vallarta-Zárate, (2010). ....	39
Figura 21. Índice Histórico de la TSM de la zona y capturas anuales de sardina crinuda y bocona. Basado en los promedios a largo plazo de las anomalías de la TSM de la Región Nino3.4. Última modificación 05/20/2010. ....	41
Figura 22. Biomasa en equilibrio, en función del esfuerzo pesquero para la sardina crinuda del sur del Golfo de California. ....	43
Figura 23. Captura en equilibrio en función del esfuerzo pesquero para la pesquería de sardina crinuda del sur del Golfo de California.....	43
Figura 24. Indicadores financieros: TC (Costo Total), IST (Ingresos Sostenidos Totales) para la pesquería de sardina crinuda del sur del Golfo de California.....	44

Figura 25. Ganancias en equilibrio en función del esfuerzo para la pesquería de sardina crinuda del sur del Golfo de California.....	45
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelos aplicados a la pesquería de sardina crinuda, del Sur del golfo de California.....	8
Tabla 2. Puntos de referencia obtenidos para la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California (Hilborn y Walters, 1992; Anderson y Seijo, 2010).....	26
Tabla 3. Clave de Edad-Longitud para la sardina crinuda <i>Opisthonema libertate</i> ...	30
Tabla 4. Parámetros de los modelos ajustados a los datos parentela-progenie de la sardina crinuda y factores ambientales en el sur del Golfo de California.....	38
Tabla 5. Parámetros de entrada para aplicar el Modelo Gordon-Schaefer a la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California.....	42
Tabla 6. Escenarios de gestión y puntos de referencia para la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California. Las abreviaturas corresponden a: EBE (Equilibrio BioEconómico), MRS (Máximo Rendimiento Sostenido, MRE (Máximo Rendimiento Económico)...	45

## RESUMEN

La pesca de peces pelágicos menores tradicionalmente ha representado del 30 al 40% de las capturas nacionales, ocupando los primeros lugares de la producción nacional pesquera. Dentro de este grupo de peces, la pesca de sardina crinuda en el sur del Golfo de California representó en el 2009 alrededor del 14% ocupando el 5° lugar del total del valor de la producción pesquera en Sinaloa, México. Debido a su importancia y a que en los últimos años se ha venido incrementando sus capturas, se presenta este estudio en el cual se diseña y analiza una estrategia de manejo sustentable para la pesquería de sardina crinuda (*Opisthonema spp*) en la región sur del Golfo de California durante las temporadas de pesca de 1971/1972 a 2008/2009. Para lograr lo anterior inicialmente se evalúa el estado del recurso pesquero analizando la captura y esfuerzo históricos, determinando la abundancia y mortalidad a través del Análisis de Población Virtual; analizando la relación parentela progenie a través de tres modelos diferentes (Ricker, Beverton y Holt y Sheperd) y el efecto de factores ambientales como la temperatura superficial del mar, el índice de surgencia y la turbulencia sobre éstos organismos. Por otra parte y debido a la necesidad de conocer el comportamiento de las variables económicas y biológico-pesqueras de la industria sardinera de la región, se aplicó el Modelo Bioeconómico Gordon-Schaefer a fin de obtener tres escenarios de manejo pesquero: equilibrio bioeconómico (EBE), máximo rendimiento sostenible (MRS) y máximo rendimiento económico (MRE). Los resultados obtenidos muestran que la captura y esfuerzo ha tenido variaciones importantes a través del periodo de estudio mostrando tres etapas de desarrollo: Una etapa inicial de 1971/72 a 1987/88 donde las capturas de sardina crinuda no rebasan las 15,000 ton por temporada; una segunda etapa de 1988/89 a 2001/02 con grandes variaciones tanto de capturas como de esfuerzo, pero en general con capturas menores a las 30,000 ton, y una tercera etapa de 2002/03 a 2008/2009 caracterizada por un crecimiento constante y capturas record que llegaron hasta valores de 99,828 ton en la última temporada. En relación a la abundancia, el valor más alto de biomasa fue de 613,188 ton en la temporada 2007/2008. Los organismos reproductores y los adultos representan cada uno casi el 50% del total, con valores máximos en el 2007/2008 de 310,331 y 302,856 ton respectivamente. El modelo que explica mejor la relación parentela progenie fue el de Beverton y Holt con una  $R^2$  de 0.72, con una mejora marginal cuando se incorporó la influencia del ambiente. Asimismo se encontró que el efecto del ambiente es importante en el desarrollo de esta pesquería al encontrar ventanas óptimas de Temperatura Superficial del Mar, Índice de Surgencia y Turbulencia que en su conjunto favorecen el éxito reproductivo de éstas especies. Finalmente escenario de manejo más adecuado fue el MRE donde la biomasa fue de 507,263 ton, la captura de 97,768 ton y el esfuerzo de 801 viajes. El margen de utilidad fue de 61%. Se recomienda no aumentar el esfuerzo pesquero debido a la incertidumbre asociada a estos recursos.

## ABSTRACT

The fishing for pelagic fish has traditionally represented 30 to 40% of the national catches, occupying the top of the national fisheries. Within this group of fishes, the thread herring fishery in the southern Gulf of California in 2009 represented about 14% occupying the 5th place of the total value of fish production in Sinaloa, México. Because of its importance and that in recent years there has been increasing its capture, this study is focus on the designs and analysis of a sustainable management strategy for the thread herring fishery (*Opisthonema* spp) in the southern Gulf of California during the fishing seasons 1971/1972 to 2008/2009. To achieve this initially assesses the state of the fishery resource analyzing historical catch and effort, determining the abundance and mortality through the Virtual Population Analysis, analyzing the stock-recruitment relationship through three different models (Ricker, Beverton and Holt and Sheperd) and the effect of environmental factors such as sea surface temperature, upwelling index and turbulence on these organisms. Moreover, due to the need to know the behavior of economic variables and biological-sardine fishing industry in the region, we applied the Gordon-Schaefer bioeconomic model to obtain three scenarios fishery management: bioeconomic equilibrium (EBE), maximum sustainable yield (MSR) and maximum economic yield (MER). The results show that the catch and effort has had significant variations across the study period showing three stages of development: An early stage in 1971/72 to 1987/88 where thread herring catches do not exceed the 15,000 ton per season; a second stage of 1988/89 to 2001/02 with large variations both capture and effort, but generally with lower catches to 30,000 tons, and a third stage of 2002/03 to 2008/2009 characterized by steady growth and record catches that reached values of 99,828 tons last season. In relation to abundance, the highest biomass was 613.188 tons in the 2007/2008 season. Recruits and spawning stock each represent nearly 50% of the total, with maximum values in 2007/2008 of 302,856 and 310,331 ton respectively. The best model that explains the relationship stock-recruitment was the Beverton and Holt with an  $R^2$  of 0.72, with a marginal improvement when he joined environmental influence. It was also found that the effect of the environment is important in the development of this fishery to find optimal windows Sea Surface Temperature, and Turbulence upwelling index which together bring on the reproductive success of these species. Finally most appropriate management scenario was the MRE where biomass was 507,263 tons, 97,768 ton catch and effort of 801 trips. The profit was 61%. It is recommended not to increase fishing pressure due to the uncertainty associated with these resources.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las pesquerías más importantes a nivel mundial se encuentran las de los peces pelágicos menores, comúnmente conocidos como sardinas y anchovetas. En algunos países llegan a ocupar los primeros lugares de producción pesquera nacional. Es el caso de Japón, Sudáfrica, Costa Pacífica de E.U.A., Perú y Chile, entre otras (Lluch-Belda *et al.*, 1992; Agenbag *et al.*, 2003; Alheit y Niquen, 2004; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006; Herrick Jr. *et al.*, 2007; Yañez *et al.*, 2008; Hill *et al.*, 2010).

México se encuentra dentro de los primeros 20 países que capturan recursos pesqueros aportando el 1.5% de las capturas mundiales (FAO, 2006) por lo que existe una importante industria pesquera. Los peces pelágicos menores tradicionalmente han representado alrededor del 30% de las capturas nacionales, sin embargo en el 2009 llegaron a valores record de casi del 50% aunque en el 2010 bajó a 38%, no por eso dejando de ocupar también el primer lugar de la producción nacional (SAGARPA, 2011).

Debido a esto la captura de sardina es la base para el desarrollo económico de la flota e industria pesquera y constituye una fuente importante de proteína animal para el consumo humano directo e indirecto (Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). Más del 80% de la captura nacional de sardina se realiza actualmente en la costa del Pacífico, principalmente en el Golfo de California. Los mayores volúmenes de captura se obtienen a partir de la sardina monterrey *Sardinops sagax*, pero un volumen importante lo aporta la sardina crinuda *Opisthonema* spp (Cisneros-Mata *et*

al., 1991; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006), siendo el segundo recurso más importante para la industria reductora mexicana (García *et al.*, 1990). En el 2010 el valor total nacional de la producción pesquera mexicana fue de \$16,907,165,000.00 pesos (SAGARPA, 2011), ocupando la sardina el 4º lugar con el 4% de este valor. En el sur del Golfo de California representado principalmente por las descargas de sardina crinuda del estado de Sinaloa, el valor de la producción de sardina fue de \$71,348,000.00 pesos lo que equivale al 2% del total estatal con el 5º lugar de participación, asimismo en esta entidad la sardina crinuda aportó aproximadamente el 32% y a nivel nacional el 15.%% de la captura total (SAGARPA, 2011). Por lo que queda de manifiesto la relevancia de este recurso natural renovable para la industria pesquera de Sinaloa.

La pesquería de pelágicos menores en el sur del Golfo incluye a la sardina crinuda (representada por las especies *Opisthonema libertate*, *O. bulleri* y *O. medirastre*) y a la sardina bocona (*Cetengraulis mistycetus*), pero la sardina crinuda es la más abundante (70%) y es preferida por los industriales debido a su menor contenido graso, ya que representa mayor rendimiento y calidad en la producción de harina de pescado, principal destino de la producción de sardina crinuda en el país, por lo que este estudio está enfocado al análisis de la sardina crinuda de esta región.

Debido a la distribución tanto espacial como temporal de estos organismos, las capturas presentan grandes fluctuaciones anuales y su composición específica es variable a lo largo de la temporada aunque predomina *O. libertate* ((Arvizu-Martínez,

1987; Ruiz L. y Lyle F., 1992). Estas características hacen que el manejo de esta pesquería sea complicado.

La pesquería de sardina crinuda se realiza con red de cerco, preferentemente en la noche y sobre todo en los periodos llamados "oscuros lunares", (Cadet y Berner Jr., 1959; Blaxter, 1966), aunque la localización que se realiza con instrumentos de ecodetección permite que también se pesque en los "claros lunares" (Lizárraga, 1995), haciendo más eficiente la pesca de estos organismos. El periodo de pesca es anual; sin embargo, las temporadas inician en el mes de octubre y terminan en el mes de septiembre, reduciéndose al mínimo la captura en los meses de verano de acuerdo al patrón migratorio de estas especies.

Este comportamiento poblacional se ve afectado por las variaciones ambientales. Los patrones migratorios, los límites de distribución espacial, el comportamiento reproductivo y el crecimiento entre otros, puede verse afectado por cambios en la temperatura superficial del mar, fenómenos como El Niño y La Niña, patrones de vientos, surgencias y turbulencias que pueden favorecer o no el crecimiento de estos organismos (Nevárez-Martínez *et al.*, 2001; Morales-Bojórquez *et al.*, 2003; López-Martínez, 2008; Nevárez-Martínez *et al.*, 2008; Morales-Bojórquez, 2009). El éxito reproductivo es primordial para tener un reclutamiento que garantice la sustentabilidad del recurso.

La pesquería de sardina crinuda en la región sur del Golfo de California ha sido estudiada por diferentes autores que han aplicado principalmente modelos de

producción excedente para su evaluación (Lyle, 1992; Jacob-Cervantes, 1996; Ruiz-Luna *et al.*, 1997). En los últimos años esta pesquería se ha caracterizado por un incremento constante en las capturas por lo que de acuerdo a las actuales tendencias de manejo de recursos pesqueros, es necesario consolidar las actividades pesqueras de la industria sardinera dentro de un marco de ordenamiento, que permita establecer puntos de referencia biológicos y reglas de control (Caddy y Mahon, 1996), acordes al código internacional de pesca responsable. De esta manera, en este estudio se analizan diferentes estrategias de manejo y puntos de referencia bioeconómicos para la pesquería de sardina crinuda en la región sur del Golfo de California, que permitan conservar el stock pesquero en niveles biológicamente sustentables.

Al ser la pesca una actividad económica, se ve influenciada, además de las leyes ecológicas, por las económicas y aunque a largo plazo, la conservación de las poblaciones marinas pueda coincidir con los intereses de las empresas, estas tratan, generalmente, de obtener los beneficios en el plazo de tiempo más corto posible. Por ello es importante realizar estudios económicos que nos permitan conocer la influencia de esta variable en el comportamiento de este recurso.

## ANTECEDENTES

Las primeras investigaciones realizadas en esta región datan de 1972 y fueron realizados por Pedrin (1972), Pedrin y sus colaboradores (1973), Pedrin y Ancheita (1976) y Páez (1976), los cuales analizan principalmente el comportamiento de las capturas. Sokolov y Wong (1973) realizaron estudios biológicos para la sardina crinuda y la anchoveta del Golfo de California, sin embargo, los estudios realizados sobre la especie *Opisthonema libertate* son escasos, comparados con los existentes para la sardina monterrey. La mayoría han versado sobre temas de ecología y distribución y abundancia (Cisneros-Mata *et al.*, 1989) y muchos han abordado temas taxonómicos, debido a la discusión que prevalece sobre la existencia de dos o tres especies del género *Opisthonema* (Grande, 1985). Destaca el trabajo de Cisneros Mata (1990) como uno de los primeros en evaluar a la sardina crinuda de esta zona a través de un análisis de cohortes realizado por el método de Jones (1984).

Por lo que se refiere a estudios de pesquerías y dinámica poblacional para esta región se tienen algunos, en los cuales se han aplicado modelos de los llamados de "Producción Excedente" (Tabla 1) para determinar el rendimiento máximo sostenido (RMS) de estas especies, sin que ninguno de ellos haya logrado representar efectivamente la dinámica de estos recursos, debido principalmente a que estos modelos están basados en la premisa de que la captura por unidad de esfuerzo es proporcional a la abundancia, misma que no se cumple en este tipo de especies altamente gregarias. Por tal motivo las estimaciones del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) son muy variables a lo largo de la historia de la

pesquería habiendo diferencias hasta de más de 45 mil TON, por lo que su uso no ha sido confiable, haciendo necesario el incorporar otras variables que pueden ser biológicas, económicas, sociales, etc. a éstos u otros modelos para representar mejor las características del sistema pesquero en cuestión.

Tabla 1. Modelos aplicados a la pesquería de sardina crinuda, del Sur del golfo de California.

Autor	RMS (Tm)	Modelo
De Anda y Lyle-Frith (1987)	10,500	Schaefer
De Anda y Lyle-Frith (1987)	10,500	Fox
Cisneros <i>et al.</i> (1988)	10,500	Estructural de Jones
Acal (1990)	19,060	Censos larvarios Sette y Ahlstrom
Ruiz-Luna (1995)	22,857	Schaefer modificado por Walter
Ruiz-Luna (1995)	26,000	Schaefer
Ruiz-Luna (1995)	26,471	Fox modificado por Walters
Ruiz-Luna (1995)	33,477	Fox
Jacob-Cervantes (1996)	57,387	Schaefer

En los últimos años y debido a la complejidad del manejo de los sistemas pesqueros dos de las características necesarias para el ordenamiento pesquero es que los modelos aplicados aporten información dinámica del recurso y que permitan dar un seguimiento a la actividad pesquera para garantizar el desarrollo sustentable de éste. Debido a eso es necesario tomar en cuenta factores como la incertidumbre y el riesgo, conceptos usados en pesquerías y asociados a la

probabilidad de que suceda un evento no deseado. En este sentido es que el enfoque precautorio cobra importancia, ya que una de sus premisas establece que "el manejo pesquero ejerce una previsión prudente para evitar situaciones indeseables o inaceptables, tomando en cuenta que los cambios en los sistemas pesqueros son lentamente reversibles, difíciles de controlar, no bien entendidos y sujetos a cambios en los valores ambientales y humanos" (FAO, 1995).

Un enfoque de esta naturaleza requiere por lo tanto planes que regulen las actividades no deseadas que puedan presentarse en el manejo de una pesquería para detectarlas, controlarlas y remediarias.

Actualmente, las regulaciones existentes para la sardina crinuda están basadas principalmente en la Norma Oficial Mexicana, NOM-03-PESC-1993 ((DOF, 1993a), y en la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2012b) que regula el aprovechamiento de las diferentes especies de pelágicos menores que son pescadas con redes de cerco. Esta reglamentación, además de limitar el esfuerzo pesquero con la entrada de nuevas unidades de pesca, establece la talla mínima de captura para la sardina crinuda *Opisthonema libertate* en 160 mm de longitud patrón. El seguimiento de la pesquería nos permite observar que a la fecha, los organismos pescados están representando altos porcentajes de organismos menores a esta talla establecida (Jacob-Cervantes *et al.*, 2005) y al no existir en la Norma Oficial otro tipo de regulación para esta especie la reglamentación parece muy general y limitada para el desarrollo sustentable de la pesquería de sardina crinuda. Para este estudio se entiende como desarrollo sustentable el manejo y conservación de los recursos naturales, que asegure la satisfacción de las necesidades humanas

para las generaciones presentes y futuras, que sea técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable. (FAO, 1988).

Asimismo es importante tomar en cuenta la influencia de los factores económicos en la pesquería, elemento muy importante para la sustentabilidad del recurso y que hasta la fecha no se ha tomado en cuenta.

Por tal motivo y de acuerdo a las actuales tendencias de manejo de recursos pesqueros, es necesario consolidar las actividades pesqueras de la industria sardinera dentro de un marco de ordenamiento, que permita establecer puntos de referencia biológicos y reglas de control (Caddy y Mahon, 1996), acordes al código internacional de pesca responsable.

Existe una serie de investigaciones que se han estado realizando con un enfoque económico el cual se ha aplicado para peces pelágicos menores en diferentes regiones del mundo tratando así de incorporar estos elementos (externos a biología de los organismos) como una manera de entender las variaciones de las pesquerías y así poder hacer un manejo adecuado de ellas. Leonart *et al.* (2003) ha trabajado en el Mediterráneo y Silvestre y Maynu (2009) en el Norte del Mar Adriático. Aliaga *et al.* (2001) en la zona norte de Chile, De Anda y Seijo (1999) y De Anda *et al.* (2010) en el Golfo de California incorporando también factores ambientales al ajuste de los modelos bioeconómicos aplicados, destacando en todos ellos la importancia de evaluar a los pelágicos menores desde un punto de vista integral.

Este estudio forma parte del proyecto SAGARPA-CONACYT 2006, "Desarrollo de una propuesta de un plan de manejo pesquero para la pesquería de pelágicos menores. Diagnóstico, objetivos, desarrollo de indicadores y plan de acción"

## JUSTIFICACIÓN

Las capturas de sardina crinuda han aumentado en los últimos años. Al mismo tiempo se ha observado una disminución en las tallas de captura de estas especies, y un alto porcentaje de la captura representa a individuos menores a la talla mínima legal (Jacob-Cervantes *et al.*, 2006; Jacob-Cervantes, 2010a). Hasta el momento se ha realizado el seguimiento de la pesquería a través de la estructura de tallas, sin embargo y debido a la necesidad de conocer si la sustentabilidad de la población de sardina crinuda puede ser alterada por la pesca de ejemplares pequeños o si existen otros factores que rigen a la pesquería de pelágicos menores en el sur del Golfo de California, en este estudio se pretende aplicar el Modelo Gordon-Schaefer (Seijo *et al.*, 1997; Anderson y Seijo, 2010) que incorpora y relaciona variables biológicas y económicas, no analizadas en el pasado, incluyendo diferentes escenarios, lo que permite tener resultados con información clara y concisa que coadyuve en la toma de decisiones, para la regulación y el manejo sustentable de estos recursos y acordes a las necesidades actuales de la pesquería. Debido a que la sardina crinuda es la más abundante de este complejo pesquero, representando regularmente alrededor del 50% de las capturas (Lyle, 1992; Jacob-Cervantes, 1996; Jacob-Cervantes *et al.*, 2005), este

estudio estará enfocado al análisis de este grupo de especies, como un inicio para el ordenamiento de esta pesquería multiespecífica.

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de pesca de la flota sardinera que desembarca en el puerto de Mazatlán, Sin. comprende principalmente el litoral que abarca desde Punta Ahome, Sinaloa hasta Bahía de Banderas, Jalisco, aunque predominantemente pescan en el área de Sinaloa, por cuestiones de eficiencia en tiempo y economía (Figura 1). La distribución en el área de las diferentes especies de sardinas está restringida por el ambiente durante las distintas estaciones del año, por lo que en ciertas temporadas del año, la sardina puede o no estar disponible a la flota en esta área de pesca.



Figura 1. Área de pesca de la flota sardinera que desembarca en el Puerto de Mazatlán, Sin.

La zona de estudio se caracteriza por estar incluida dentro de una zona de transición de masas de agua de la corriente Ecuatorial, masas frías de agua de la corriente de California y aguas de la corriente del golfo de California. La zona de transición es una banda ancha centrada aproximadamente 200-300 km lejos de la costa y paralela a ella y coincide con el núcleo de flujo de la corriente de California (Aguirre-Gómez, 2002). La localización de esta zona es variable (Gallegos *et al.*, 1988). Durante el periodo invernal, cuando la corriente de California es más intensa, se localiza más hacia el sur, mientras que en el verano cuando la contracorriente Ecuatorial es más intensa, se mueve hacia el norte (Aguirre-Gómez, 2002).

El área triangular comprendida frente a las costas de Cabo San Lucas, Mazatlán y Cabo Corrientes es una zona altamente dinámica que posee una estructura termohalina de remolinos frentes e intrusiones, originadas por la convergencia de tres corrientes marinas con diferentes características termohalinas tales como la corriente de California, que proviene del golfo de California y la contracorriente Ecuatorial (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991).

## HIPÓTESIS

La dinámica poblacional y las capturas de sardina crinuda *Opisthonema* spp. están determinadas por la pesca, el ambiente y por factores económicos en el sur del golfo de California.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar una estrategia de manejo sustentable para la pesquería de sardina crinuda *Opisthonema spp* en la región sur del Golfo de California.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar un modelo basado en tallas, edades y capturas para las temporadas 1972/73-2007/2008, que nos describa a la pesquería de *Opisthonema spp.* en términos de abundancia.
- Obtener información económica (Estructura de costos de la flota: capital, inversión anual, costo anual, estructura técnica de la flota, mercado) que influye en esta pesquería.
- Aplicar un modelo bioeconómico que relacione los factores económicos y biológicos de esta pesquería.
- Determinar puntos de referencia biológicos, que permitan conservar el stock pesquero de *Opisthonema, spp.* en niveles biológicamente sustentables.
- Analizar la influencia de los factores ambientales: Temperatura Superficial del Mar (TSM), Índice de Surgencia (IS) y Turbulencia sobre esta pesquería.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos se muestran en el diagrama general de la Figura 2. Consta de tres diferentes fuentes de información: Biológica-Pesquera, Económica y Ambiental que posteriormente se incorporan en los modelos de estimación de Abundancia (VPA, Análisis de Población Virtual), de la relación Parentela-Progenie, y finalmente el modelo Bioeconómico de Gordon Schaefer del cual se obtienen diferentes Puntos de Referencia que nos permitirán definir las Estrategias de Manejo. La descripción de cada uno de éstos elementos se encuentra detallada enseguida.

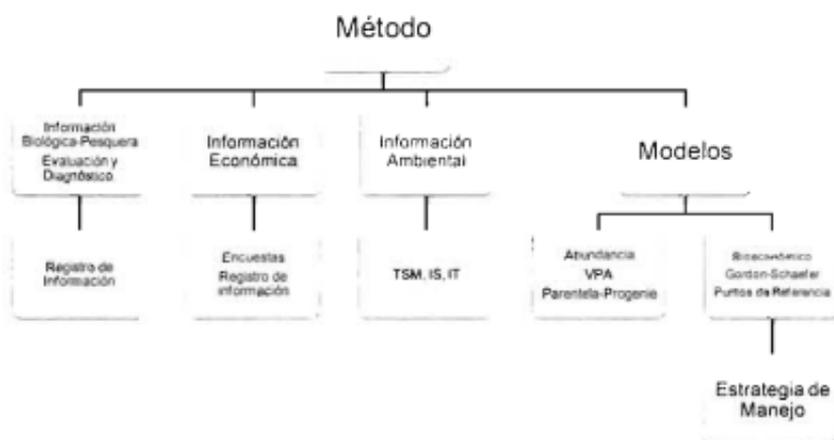


Figura 2. Diagrama general de los métodos utilizados en este estudio.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Biológica-Pesquera

La información biológica-pesquera, necesaria para el desarrollo de esta tesis, forma parte del Programa de Pelágicos Menores, del CRIP-Mazatlán del INAPESCA. Los datos biométricos (longitud, peso), provienen de muestreos biológicos de las descargas comerciales de pelágicos menores en el Puerto de Mazatlán, Sin. Los datos de captura y esfuerzo, fueron proporcionados por la industria sardinera de Mazatlán, Sin. y comprende el periodo de 1972 a 2008. Para los fines de este estudio se analiza esta información por temporada de pesca; la cual inicia en octubre de un año y termina en septiembre del siguiente.

### Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Debido a las diferentes fuentes de información de esta variable, fue necesario estandarizarla para poder tener una serie de tiempo continua desde 1972 hasta el 2009. El análisis de ésta fue realizada con el apoyo del Laboratorio de Geomática del INAPESCA a través del M. en C. Erik Márquez García.

- Periodo enero1973- diciembre1991, Lyle (1992).
  - Periodo noviembre 1981- nov 2010, coordenadas 26-20N y 105-110W.
- Temperatura superficial del mar, IGOSS (2010).

### Vientos

Los datos de dirección y velocidad del viento fueron obtenidos del Observatorio Metereológico de Mazatlán, Sinaloa.

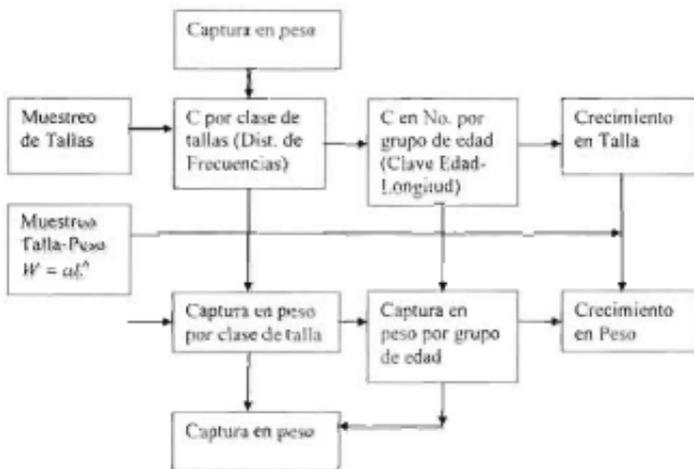
## Económica

Los datos económicos (estructura de costos de la flota) se obtuvieron de la empresa sardinera de la región. Dentro de este tipo de datos se tienen por ej.: capital de inversión por embarcación, costos anuales por embarcación consumo mensual de combustible por embarcación, precio de la sardina, costos de oportunidad, etc. (Anexo 1)

## ANALISIS DE POBLACION VIRTUAL

La mortalidad y la biomasa poblacional se estimaron a partir del Análisis de Población Virtual (APV) (Hilborn y Walters, 1992). Este tipo de modelo, llamado también de síntesis, tiene la ventaja de integrar información de tallas, edades y capturas, por lo que su aplicación es muy útil.

Para poder tener los valores de entrada (captura (C) en número de individuos por grupo de edad por año) para el análisis de población virtual (APV), se realizaron los siguientes procedimientos esquematizados en la Figura 3 y que son derivados de los muestreos biológicos y las estadísticas pesqueras del periodo de 1972-1973 a 2008-2009 lo que representa 36 años de historia.



Modificado de Pereiro, 1982.

Figura 4. Diagrama para obtener el número de individuos por grupo de edad por año para el stock de sardina crinuda del sur del Golfo de California, modificado de Pereiro (1982).

La clave edad-longitud se obtuvo de los estudios de edad realizados en los otolitos de la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) por Jacob-Cervantes y colaboradores (Jacob-Cervantes *et al.*, 2005; 2005). Es importante señalar que a pesar de ser tres especies las que se capturan simultáneamente, se utilizan los datos de *O. libertate* por ser la única información con que se cuenta y porque esta especie es la más abundante en las capturas.

### Modelo de Análisis de Población Virtual (APV)

Una vez obtenidos los datos anteriores se aplicó el Análisis de Población Virtual que hace estimaciones en retrospectiva a través de una cohorte o clase de edad para hacer estimaciones históricas sobre la abundancia del stock en números y la mortalidad por pesca por año y por edad. El número absoluto del stock de sardina crinuda y la tasa de mortalidad por pesca fueron obtenidos utilizando el ASP implementado en FISHLAB (CEFAS), (Hilborn y Walters, 1992; Darby y Flatman, 1994). La tasa de mortalidad natural se asumió igual para todo el periodo con un valor de 0.65 correspondiente a la fórmula propuesta por Jensen (1996) en donde  $M = 1.5 * K$  y  $K = 0.433$ .

De esta manera se tiene que:

Asumiendo una pesca ( $F$ ) y mortalidad natural continua ( $M$ ), el número de individuos que sobreviven en una cohorte en el año  $N_{t+1}$  está dado como una función del número de individuos al inicio del año  $N_t$

$$N_{t+1} = N_t e^{-(F+M)} \quad (1)$$

Y la captura ( $C_t$ ) está dada por

$$C_t = \frac{F}{F+M} (N_t - N_{t+1}) \quad (2)$$

La ecuación (1) se reescribe para resolver  $F$

$$\frac{N_{t+1}}{N_t} = e^{-(F+M)}$$

$$F = \log \frac{N_{t+1}}{N_t} - M \quad (3)$$

Substituyendo la ecuación (3) en la (2) para eliminar la F tenemos

$$C_t = \frac{-\log \left( \frac{N_{t+1}}{N_t} \right) - M}{-\log \left( \frac{N_{t+1}}{N_t} \right) - M + M} (N_t - N_{t+1}) \quad (4)$$

La cual simplificando nos da

$$C_t = \left[ 1 - \frac{M}{\log \left( \frac{N_t}{N_t - \log(N_{t+1})} \right)} \right] (N_t - N_{t+1}) \quad (5)$$

La ecuación trascendental para  $N_t$  (5) se resuelve entonces dada  $C_t$  y  $N_{t+1}$ , usando el Método de Newton Raphson.

$$x_{\text{Nuevo}} = x_{\text{viejo}} - \frac{f(x)}{f'(x)} \quad (6)$$

$$f'(x) = -1 \frac{(\log(N_t) - \log(N_{t+1}))M - \frac{N_t - N_{t+1}}{N_t} M}{(\log(N_t) - \log(N_{t+1}))^2} \quad (7)$$

## ANÁLISIS PARENTELA-PROGENIE

Una vez obtenidas las estimaciones de biomasa reproductiva y reclutas, se procedió a analizar la relación empírica entre el tamaño del stock reproductivo y el número de reclutas de la clase anual producida por tales reproductores (Ricker, 1975; Hilborn y Walters, 1992). Este análisis se realizó mediante el ajuste de modelos de la relación entre el stock reproductivo ( $S_t$ ) y los reclutas ( $R_{t+1}$ ) para lo cual se ajustaron las siguientes funciones a los datos estimados:

Ricker (1954, 1975),

$$R_{t+1} = \alpha S_t \exp^{(-\beta S_t)}$$

Donde:

$\alpha$  = Son los reclutas por reproductor cuando el tamaño del stock es bajo.

$\beta$  = Describe que tan rápido los reclutas por reproductor descienden mientras  $S$  se incrementa.

La propiedad de este modelo es que el ajuste muestra una declinación del reclutamiento cuando el tamaño del stock es grande.

Beverton y Holt (1957),

$$R_{t+1} = \frac{\alpha S}{\beta + S}$$

Donde:

$\alpha$  = es el máximo número de reclutas producidos.

$\beta$  = es el stock reproductivo necesario para producir (en promedio) un reclutamiento igual a  $\alpha/2$ .

La pendiente inicial (reclutamiento máximo/reproductores) es  $\alpha/\beta$ .

La propiedad básica de este modelo es que el reclutamiento constantemente se incrementa tendiendo a una asíntota mientras el stock reproductivo se incrementa.

y Shepherd (1982)

$$R_{t+1} = \frac{\alpha S}{1 + (S/\beta)^\delta}$$

Donde:

$\alpha$  = es la sobrevivencia denso dependiente.

$\beta$  = es el parámetro que define el tamaño del stock arriba del cual los procesos denso dependientes predominan sobre los procesos denso independientes; esto refleja algo de la capacidad de carga del sistema.

$\delta$  = Es el grado de compensación.

Para el ajuste de estos modelos se utilizó el Software FISHPARM (Prager, 1989)

que ajusta modelos no-lineales en pesquerías.

Posteriormente a estos modelos se les incorporó la variabilidad ambiental (temperatura superficial del mar, surgencia y turbulencia) para determinar si mejora el ajuste con respecto a la función original y si el modelo ampliado explica una mayor proporción de la variabilidad del reclutamiento. De tal manera que a estos modelos se les multiplicó un término igual a:

$$\text{EXP}(d \cdot \text{variable ambiental})$$

donde  $d$  es el parámetro correspondiente a la variable ambiental dada. Es decir, el reclutamiento está definido por:

$$R = f(\text{reproductores}) \cdot \text{EXP}(d \cdot \text{variable ambiental})$$

De acuerdo a la propuesta de Parrish y McCall (1978).

La serie de tiempo de la variable ambiental se aplicó retrasada un año, es decir, el valor de la variable independiente del año  $t$  se relacionó con la variable dependiente al tiempo  $t+1$ .

## FACTORES AMBIENTALES

### Surgencia

Los vectores mensuales promedio fueron calculados de los valores diarios de la fuerza del viento y el transporte neto fue estimado de la capa superficial de algunas decenas de metros, basado en la metodología simplificada conocida como transporte de Ekman:

$$M = (1/f)\tau * \kappa$$

Donde  $k$  es un vector dirigido verticalmente hacia arriba que denota el esfuerzo del viento,  $f$  es el parámetro de Coriolis (calculado respecto a la latitud de cada sitio).

Ya que el volumen de agua transportado costa afuera perpendicular a la costa ( $Mx$ , donde  $x$  es normal a la línea de costa) es proporcional al volumen de agua aflorada, se realiza una reversión de signo en los valores obtenidos de  $Mx$ . Este índice es expresado en unidades de metros cúbicos por segundo por 100 metros de línea de costa (Bakun, 1973; Lluch-Cota, 1999).

## Turbulencia

Se obtuvo el índice de turbulencia como velocidad del viento al cubo para determinar la estabilidad de la columna de agua y relacionarlo con otras variables oceanográficas y pesqueras. Se obtuvo el promedio del índice de turbulencia de los meses comprendidos dentro del período de estudio para analizar su comportamiento por zona a lo largo del año.

## Criterio de Información de Akaike (AIC)

Posteriormente se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés) para seleccionar el mejor modelo. Dado un conjunto de modelos candidatos para explicar la variabilidad de los datos, el modelo seleccionado será aquél con el mínimo valor de AIC. Por lo tanto esta técnica no solo recompensa un mejor ajuste, sino también incluye una penalización que se incrementa en función del número de parámetros estimados (Haddon, 2001). Se utilizó esta fórmula para calcular AIC, debido a que los modelos fueron ajustados por el método de mínimos cuadrados.

Dicho criterio se calcula como sigue:

$$AIC = nLn(\sigma^2) + 2K$$

Donde:

$n$  es el número de observaciones,  $K$  es el número de parámetros y  $\sigma^2$  es la suma de los residuales elevada al cuadrado y dividida entre  $n$  ( $\Sigma \varepsilon^2 / n$ ).

## ANÁLISIS BIOECONÓMICO

### Modelo Bioeconómico Gordon-Shaefer

Para relacionar los factores biológicos y económicos antes obtenidos (datos semilla), se aplicó el Modelo Bioeconómico Gordon-Schaefer (Hilborn y Walters, 1992; Seijo *et al.*, 1997; Anderson y Seijo, 2010).

#### Submodelo Shaefer (biológico)

$$B_{t+1} = B_t + r * B_t * \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t \quad (1)$$

$$C_t = q * E_t * B_t \quad (2)$$

$$C_t = q * K * E_t * \left(1 - \frac{q * E_t}{r}\right) \quad (3)$$

$$B_t = \left(1 - \frac{q * E_t}{r}\right) * K \quad (4)$$

Donde:

$B_{t+1}$  = Biomasa al tiempo t+1

$B_t$  = Biomasa al tiempo t

$r$  = Tasa intrínseca de crecimiento

$K$  = Capacidad de carga del ecosistema

$C_t$  = Captura al tiempo t

$q$  = capturabilidad

$E_t$  = esfuerzo al tiempo t

Submodelo Gordon (económico)

$$\pi = ITS - CT = p * C - a * E \quad (5)$$

Donde:

- $\pi$  = Función de ingresos netos en una pesquería de acceso abierto
- ITS = Ingresos Totales Sostenibles
- CT = Costos Totales
- $p$  = Precio de la captura unitaria (\$/t) (t, tonelada)
- $C$  = Captura
- $a$  = Costo unitario del esfuerzo (\$/VPT) (VPT, Viaje con Pesca Total)
- $E$  = Esfuerzo

A partir de este modelo se obtuvieron los Puntos de Referencia de la Tabla 2.

**Tabla 2. Puntos de referencia obtenidos para la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California (Hilborn y Walters, 1992; Anderson y Seijo, 2010).**

Biomasa en equilibrio bioeconómico ( $B_{EBE}$ )	$B_{EBE} = a/pq$
Captura en equilibrio bioeconómico ( $C_{EBE}$ )	$C_{EBE} = qE_{EBE}K(1 - qE_{EBE}/r)$
Esfuerzo en equilibrio bioeconómico ( $E_{EBE}$ )	$E_{EBE} = 2E_{MRE}$
Biomasa en el máximo rendimiento sostenible ( $B_{MRS}$ )	$B_{MRS} = (1 - qE_{MRS}/r)K$
Captura en el máximo rendimiento sostenible ( $C_{MRS}$ )	$C_{MRS} = Kr/4$
Esfuerzo en el máximo rendimiento sostenible ( $E_{MRS}$ )	$E_{MRS} = r/2q$
Biomasa en el máximo rendimiento económico ( $B_{MRE}$ )	$B_{MRE} = (1 - qE_{MRE}/r)K$
Captura en el máximo rendimiento económico ( $C_{MRE}$ )	$C_{MRE} = qE_{MRE}K(1 - qE_{MRE}/r)$
Esfuerzo en el máximo rendimiento económico ( $E_{MRE}$ )	$E_{MRE} = r/2q(1 - a/pqK)$

## RESULTADOS

### CAPTURA Y ESFUERZO

La captura y el esfuerzo muestran variaciones importantes a lo largo del periodo de estudio, que pueden definirse en tres etapas de desarrollo de la pesquería. Una etapa inicial que comprende las temporadas de 1971/72 a 1987/88 donde las capturas de sardina crinuda no rebasan las 15,000 ton por temporada; una segunda etapa de desarrollo de 1988/89 a 2001/02 con grandes variaciones tanto de capturas como de esfuerzo, donde se observan aumentos importantes en las capturas aunque en general éstas fueron menores a las 30,000 ton, en este periodo destacan las temporadas 1990/91 y 1995/96 con capturas de 40,032 (record en este periodo) y 29,707 ton y 504 y 533 viajes, respectivamente; finalmente una tercera etapa que comprende las temporadas de 2002/03 a 2008/2009 caracterizada por un crecimiento constante y capturas record que llegaron hasta valores de 99,828 ton en la última temporada 2008/09 (Figura 5).

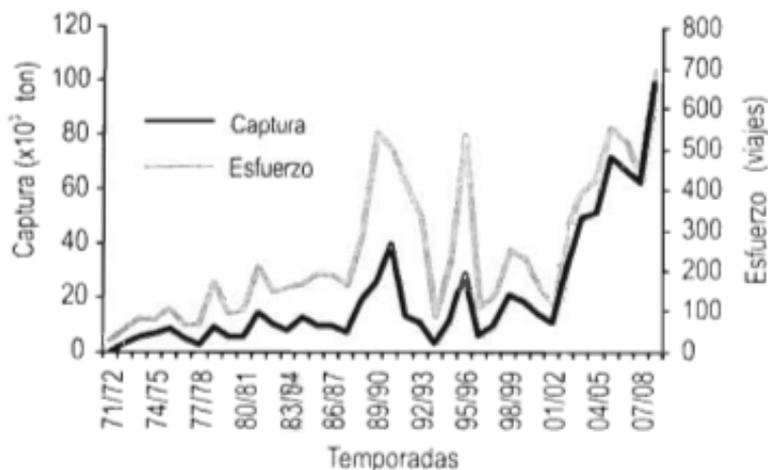


Figura 5. Serie Histórica de Captura (ton) y esfuerzo (viajes) de la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California para las temporadas 1972/73-2008/2009. (Modificado de Jacob-Cervantes (2010b))

La relación observada de la captura y el esfuerzo fue positiva, a mayor esfuerzo, mayor captura, sin embargo se distingue un grupo de puntos con niveles altos de esfuerzo (de 337 a 543 viajes) con relativamente bajas capturas (de 11,000 a menos de 30,000 ton) que corresponde a valores de las temporadas del segundo periodo de desarrollo de la pesquería. El valor mínimo de captura registrado fue de 831 ton correspondiente a 30 viajes en el inicio de la pesquería (1971/72) y el máximo valor de captura fue de 99,828 ton con 697 viajes en la temporada 2008/09 (Figura 6).

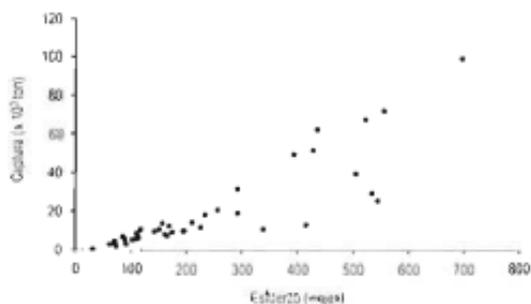


Figura 6. Relación de la captura (ton) y esfuerzo (viajes) de la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California para las temporadas 1971/72-2008/09.

La CPUE muestra una tendencia ascendente, sobre todo a partir de la temporada 1994/1995, llegando hasta un máximo de 144 ton/viaje en la temporada 08/09 (Figura 7).

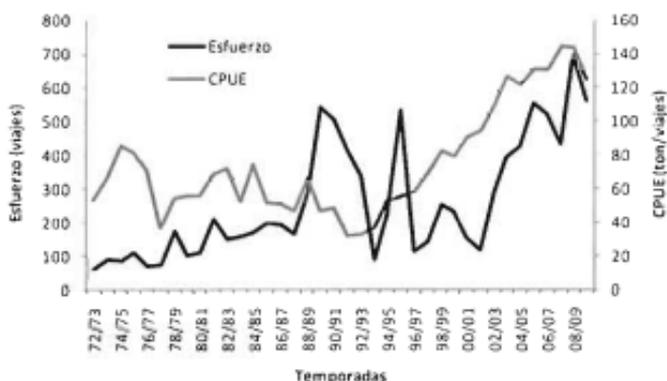


Figura 7. Esfuerzo (viajes) y CPUE (ton/viaje) de la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California para las temporadas 1972/73-2009-2010.

## BIOMASA

Para realizar el APV se obtuvieron previamente:

A).- La clave edad-longitud (Tabla 3), como un promedio de la clave edad-longitud de las temporadas 1997/98 y 2000/2001, dando como resultado una clave con 5 grupos de edad y organismos hasta de 4 años de edad. La talla de estos organismos va desde 121 a 200 mm longitud estándar.

Tabla 3. Clave de Edad-Longitud para la sardina crinuda *Opistonema libertate*.

Talla/Edad	0	1	2	3	4
125	1.00				
135	1.00				
145	0.51	0.49			
155	0.05	0.54	0.42		
165	0.00	0.06	0.63	0.31	
175	0.00	0.00	0.38	0.62	
185				0.50	0.50
195				0.50	0.50
205					

B).- Usando esta clave y a través de los procedimientos descritos en la Figura 4 se obtuvo la captura en número de organismos por grupo de edad por año. (Figura 8)

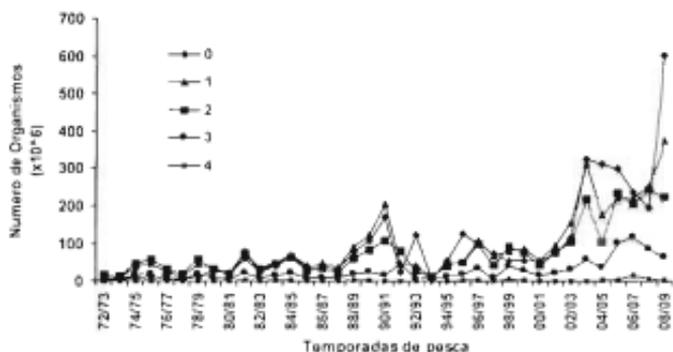


Figura 8. Captura en número de organismos por grupo de edad por año, de la sardina crinuda del sur del Golfo de California, temporadas 1972/73 a 2008/2009.

Del análisis de población virtual (VPA) se obtuvo:

A.- Números absolutos de sardina crinuda por grupo de edad para las temporadas 1972/73 a 2008/2009. El grupo más abundante es el grupo de edad 0, observándose un incremento notable a partir de la temporada 2002-2003. (Figura 9).

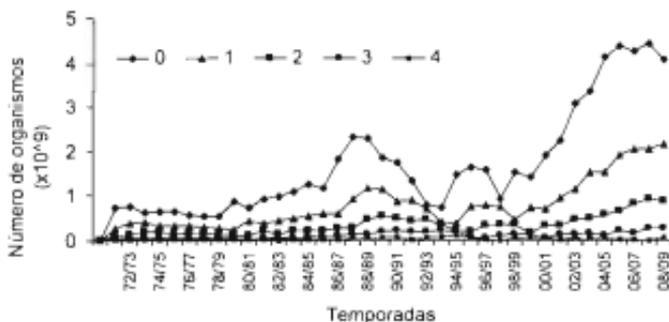


Figura 9. Números absolutos de sardina crinuda por grupo de edad, temporadas 1972/73 a 2008/2009.

B.- La mortalidad por pesca anual (F), la mortalidad total (Z) y la tasa de explotación (Figura 10). Se observan tendencias similares para la tasa de explotación anual y para la mortalidad por pesca anual con cuatro picos máximos en las temporadas 1981/82, 1990/91, 2003/04 y 2008/2009. Asimismo se observan tres descensos fuertes en estos parámetros en las temporadas 1987/88, 1993/94 y 2001/2002.

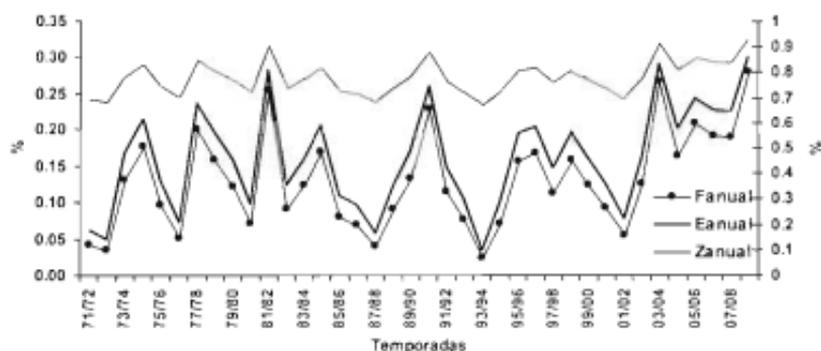


Figura 10. Mortalidad por pesca anual (F), Mortalidad tota anual (Z) y tasa de explotación anual de la temporada 1971/72 a 2008/2009 para la sardina crinuda del sur del golfo de California.

C.- El número total de organismos ( $N_t$ ), el número total de adultos ( $N_d$ ) y el número total de reclutas ( $R_t$ ) (Figura 11). Se observa en general que el número de adultos no sobrepasa los  $2 \times 10^9$  organismos por año, durante los primeros 25 años, sin embargo a partir de la temporada 2002/2003 esta cantidad aumenta hasta llegar a más de  $3 \times 10^9$  organismos por año.

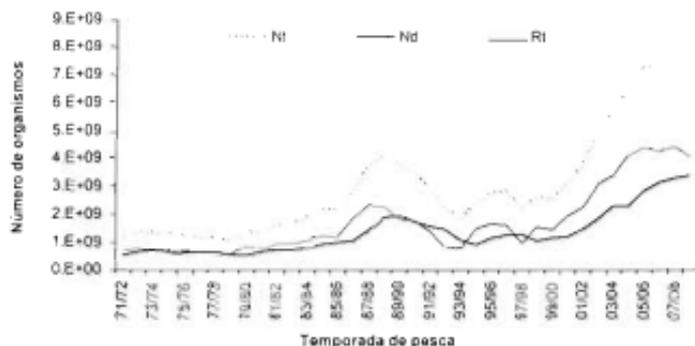


Figura 11. Número total de organismos (Nt), número total de adultos (Nd) y número total de reclutas (Rt) para la sardina crinuda del sur del golfo de California, temporadas 1979/80 a 2008/2009.

D.- La biomasa total (BT), la biomasa de adultos (Bd) y la biomasa de reproductores (Br) (Figura 12). La biomasa total en el tiempo muestra en general dos periodos de máximos valores, uno en la temporada 1988/1989 con 265, 548 ton y otro en 2007/2008 con 613,188 ton. Los organismos reproductores y los adultos representan casi el 50% cada uno del total, con valores máximos en el 2007/2008 de 310,331 y 302,856 ton respectivamente. En la temporada 2008/2009 éstos disminuyeron a 250,568 y 287,152 respectivamente.

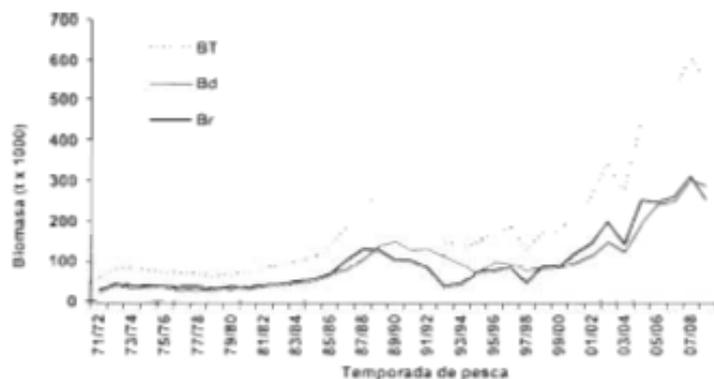


Figura 12. Biomasa total (BT), la biomasa de adultos (Bd) y la biomasa de reproductores (Br) para la sardina crinuda del sur del golfo de California, temporadas 1971/72 a 2008/2009.

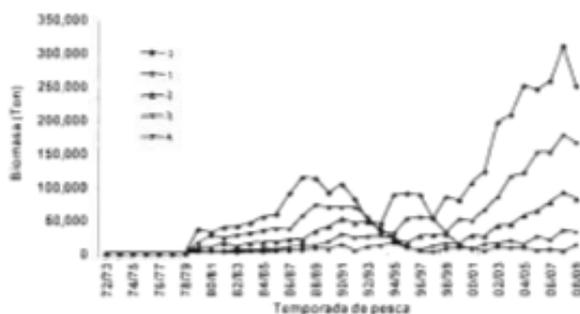


Figura 13. Biomasa por grupos de edad para la sardina crinuda del sur del golfo de California, temporadas 1972/73 a 2008/2009.

E.- La biomasa por grupos de edad. La serie histórica de biomasa por grupos de edad muestra que el grupo de edad cero es el más abundante representado prácticamente el 50% de la biomasa total, le sigue en abundancia el grupo de edad 1, siendo los menos abundantes los grupos de edad 3 y 4. Destaca el constante crecimiento de la abundancia de los grupos de edad 0, 1 y 2 a partir de la temporada 1999/2000 (Figura 13).

## ANÁLISIS PARENTELA-PROGENIE.

Los resultados obtenidos hasta el momento sobre los organismos reproductores y los reclutas fueron ajustados a 3 diferentes modelos para conocer el que mejor los representa, los cuales se presentan a continuación (Figura 14, Figura 15, Figura 16, Tabla 4).

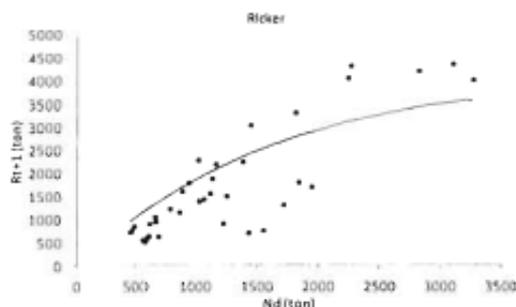


Figura 14. Ajuste del Modelo de Riker (1975), a los datos del stock reproductivo y el reclutamiento, para la pesquería de sardina crinuda del sur del golfo de California, 1972/73-2008/09.

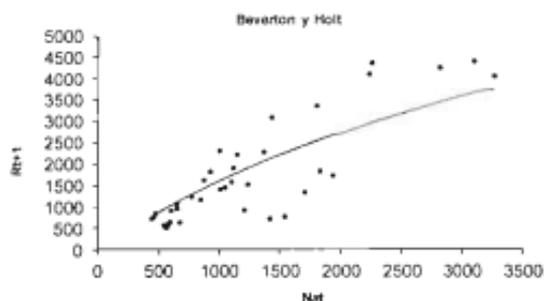


Figura 15. Ajuste del Modelo de Beverton y Holt (1957), a los datos del stock reproductivo y el reclutamiento, para la pesquería de sardina crinuda del sur del golfo de California, 1972/73-2008/09.

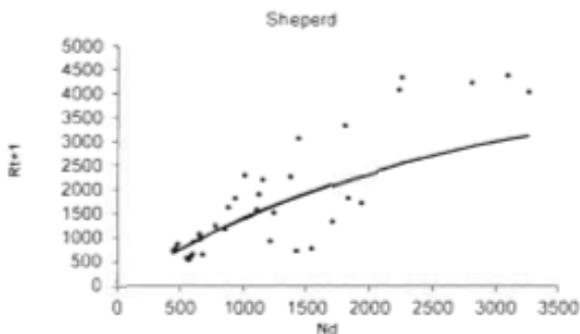


Figura 16. Ajuste del Modelo de Sheperd (1982), a los datos del stock reproductivo y el reclutamiento, para la pesquería de sardina crinuda del sur del golfo de California, 1972/73-2008/09.

De estos modelos, el de Sheperd y Beverton y Holt tuvieron un Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) mayor al 0.70 y el de Ricker fue el más bajo con un valor de 0.69. De los tres modelos el que mejor se ajustó fue el de Beverton y Holt con una  $R^2$  de 0.74 y un Criterio de Información de Akaike de 484.82.

### INFLUENCIA DEL AMBIENTE

Debido a que por si solos estos modelos no parecen explicar totalmente la variabilidad en el reclutamiento se probó incorporar la variabilidad ambiental.

En la Figura 17 se observa para el periodo de estudio que la TSM presenta variaciones con una tendencia ascendente. Se observan dos valores máximos de 26.9 °C en 1983 y en 1992, y un valor mínimo de 24.7 °C en 1975. Asimismo, a través del ajuste de esta variable a un modelo lineal se obtuvo el parámetro de la ecuación (0.0326) como datos semilla y que posteriormente se incorporó al nuevo

ajuste ampliado con el término ambiental. Esto último se repitió para el índice de surgencia y turbulencia.

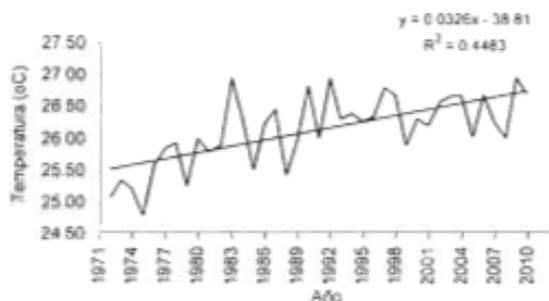


Figura 17. Serie histórica de la temperatura superficial del mar para la zona de estudio (región sur del Golfo de California.).

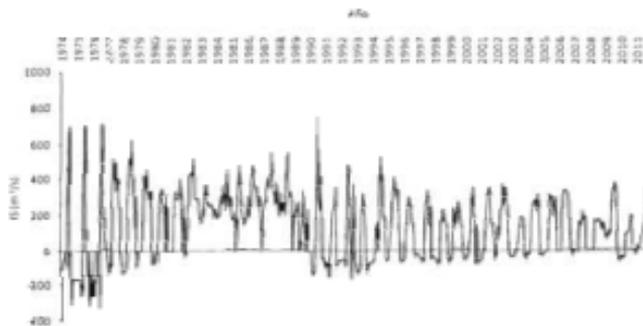


Figura 18. Índice de Surgencia para el periodo de 1974-2011 en la región de Mazatlán, Sinaloa.

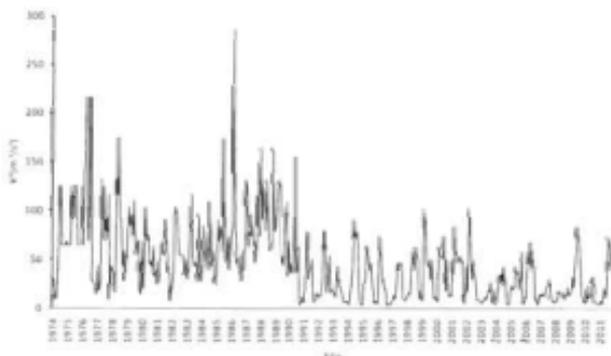


Figura 19. Índice de turbulencia para el periodo de 1974-2011 en la región de Mazatlán, Sin.

El análisis del Índice de surgencia y turbulencia (Figura 18 y Figura 19) indican un cambio de estas variables a mediados de la década de los 90's cuando los valores de éstos índices cambiaron de fuertes a moderados

Una vez obtenidas estas variables se incorporaron a los diferentes modelos stock reclutamiento para conocer que tanto explican las variaciones en el reclutamiento.

Tabla 4. Parámetros de los modelos ajustados a los datos parentela-progenie de la sardina crinuda y factores ambientales en el sur del Golfo de California.

Modelos	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	$\delta$	Ambiental	AIC
Sheperd	0.71	1.59	1.30	4500		494.70
Sheperd-T	0.72	2.24	1.20	4500	-0.00600202	489.70
Sheperd-S	0.70	2.06	1.20	3700	-0.00010000	492.27
Sheperd-TURB	0.72	2.00	2.00	4500	-0.00451050	486.00
BHF	0.72	9,012.34	4,605.15			484.82
BHF-T	0.74	12,814.93	20,132.50		0.03401765	480.45
BHF-S	0.74	190,701.85	135,932.99		0.00016283	<b>479.91</b>
BHF-TURB	0.74	364,548.04	254,718.81		-0.00017327	480.26
RICK	0.69	2.40	0.0002375			494.35
RICK-T	0.72	0.92	0.0001652		0.03070000	488.33
RICK-S	0.74	1.20	0.0000001		0.00017846	486.33
RICK-TURB	0.73	1.26	-0.0000042		0.00078459	483.57

Claves: T.- Temperatura; S.- Índice de Surgencia; TURB.- Índice de Turbulencia.

De acuerdo al Criterio de Información de Akaike, el modelo que mejor se ajusta es el de Beverton y Holt con el Índice de Surgencia con un valor de 479.91, sin embargo el Coeficiente de Determinación  $R^2$  tiene el mismo valor (0.74) para todos los modelos de este tipo con los diferentes factores ambientales (Tabla 4).

Por otra parte, para entender la relación que guarda la TSM con las capturas se presenta la Figura 20 que muestra la relación inversa que guardan las condiciones físicas del mar (TSM) con los volúmenes de capturas de sardina crinuda a través del tiempo. El coeficiente de Spearman aplicado entre estas dos variables muestra una débil relación negativa o inversa. En años anómalo intensos, las capturas se ven afectadas según las características de la anomalía: Por ejemplo, en la temporada de El Niño 97-98, las capturas se desploman cuando la temperatura va en ascenso en los meses donde debería disminuir; lo contrario pasa cuando en 07-08, se registran las temperaturas más frías del periodo de estudio, donde se alcanzan capturas récord (Vallarta-Zárate, 2010).

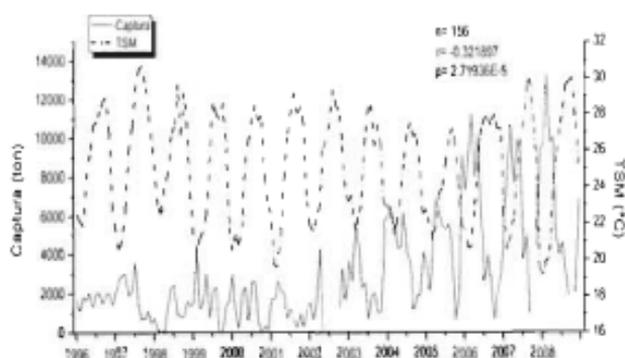


Figura 20. Relación de las Capturas mensuales de sardina crinuda y TSM del sur del golfo de California, periodo 1996-2008. Tomado de Vallarta-Zárate, (2010).

Por otra parte, en la serie histórica de la captura de los peces pelágicos menores en esta región se encontró que la variación tanto en volumen como en la composición de las especies coinciden con las variaciones de las anomalías de la TSM, (IRI, 2010), ya que cuando éstas son positivas, las capturas de sardina crinuda tienden a incrementarse, por el contrario cuando las anomalías son negativas aumentan las de sardina bocona (Figura 21). En la Figura 18 se observan periodos en los que predominó la sardina crinuda (1991-1995, 2003-2008) y otros en los que fue más abundante la sardina bocona (1997-2002), lo que dio lugar a la sustitución de especies en esos años. En el 2008 se presentó una anomalía negativa térmica intensa relacionada con un evento "La Niña" que coincidió con una ligera disminución en la producción de sardina crinuda y un aumento en la de sardina bocona (Jacob-Cervantes, 2010b). Estos cambios también son descritos por Vallarta-Zárate (2010) en un estudio acerca del efecto de la TSM en estos recursos. Por otra parte, Jacob-Cervantes (1996) menciona que cuando ocurre "El Niño" las capturas pueden mantenerse o disminuir ligeramente con respecto a los años anteriores, se incrementan posteriormente, pero no durante el evento.

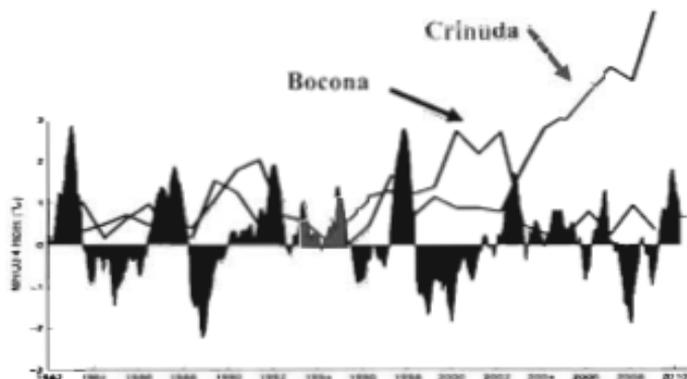


Figura 21. Índice Histórico de la TSM de la zona y capturas anuales de sardina crinuda y bocona. Basado en los promedios a largo plazo de las anomalías de la TSM de la Región Niño3.4. Última modificación 05/20/2010.  
 Tomado de <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/QuickLook.html>

## MODELO BIOECONOMICO

Los valores de los parámetros de entrada para el Modelo Gordon-Schaefer estimados a partir de la información económica-pesquera están presentados en la Tabla 5.

**Tabla 5. Parámetros de entrada para aplicar el Modelo Gordon-Schaefer a la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California.**

	PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
r	Tasa intrínseca de crecimiento	0.7	1/año
K	Capacidad de Carga	700,000	Ton
q	Coefficiente de Capturabilidad	0.000240544	1/viaje/barco/año
a	Costo unitario del esfuerzo	5,296	Dólar/viaje/año
p	Precio de la especie	0.07	Dólar/kg
f	Promedio del número de días de pesca	98	Viajes/año/barco
q'	Coefficiente de capturabilidad diario	0.00000245	1/barco/día

Los resultados del Modelo Gordon-Sheafer fueron los siguientes:

La biomasa en equilibrio (Figura 22), partiendo de un valor inicial de 700,000 ton, muestra que la biomasa tiende a decaer conforme se incrementa el esfuerzo. El valor de la biomasa en el EBE es de 314,526 ton, en el MRS es de 350,000 ton, mientras que en el MRE es de 507,423 ton.

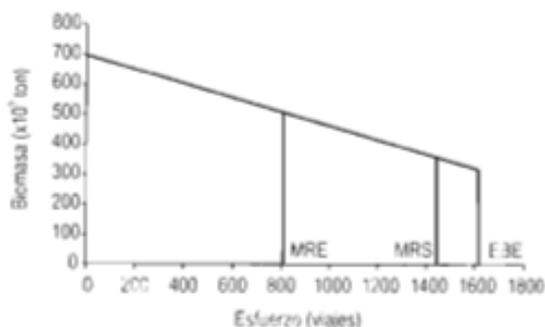


Figura 22. Biomasa en equilibrio, en función del esfuerzo pesquero para la sardina crinuda del sur del Golfo de California.

La captura en equilibrio (Figura 23) muestra que incrementos en el esfuerzo de pesca provocan un incremento en la captura hasta el MRS de 122,500 ton, que se corresponde con un esfuerzo de 1,455 viajes. Posteriormente, incrementos mayores del esfuerzo provocan un descenso en las capturas hasta las 121,242 ton, que es el punto en el que se alcanza el EBE a los 1,603 viajes. Por otra parte el MRE tiene un valor de 97,768 ton, menor que los dos anteriores, pero este se logra con solo 801 viajes.

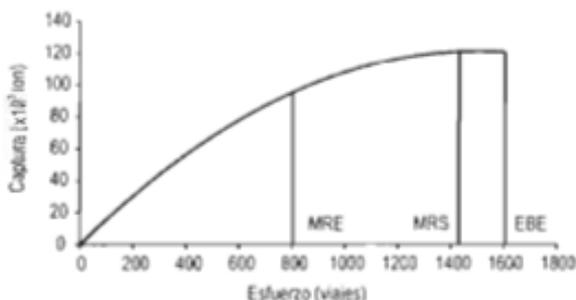


Figura 23. Captura en equilibrio en función del esfuerzo pesquero para la pesquería de sardina crinuda del sur del Golfo de California.

En esta pesquería los ingresos sostenidos son importantes, y se observó que en el MRE se alcanzó un valor de \$6,840,264 dólares, el cual superó a los costos totales que alcanzaron un valor de \$4,239,935 (Figura 24). Los ingresos sostenidos y los costos totales en el MRS fueron de \$8,574,758 y 7,664,931 dólares, respectivamente. En el EBE los costos totales son iguales a los ingresos totales, por lo que no existen ganancias.

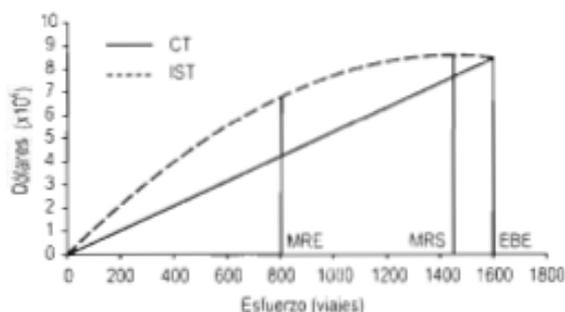


Figura 24. Indicadores financieros: TC (Costo Total), IST (Ingresos Sostenidos Totales) para la pesquería de sardina crinuda del sur del Golfo de California.

Las ganancias totales sostenibles (Figura 25) muestra un valor de \$2,600,000 dólares para el MRE correspondiendo a un esfuerzo de 801 viajes. El valor de las ganancias en el MRS es de \$910,000 dólares, con un esfuerzo de 1,455 viajes. No existen ganancias en el punto de EBE (Tabla 6).

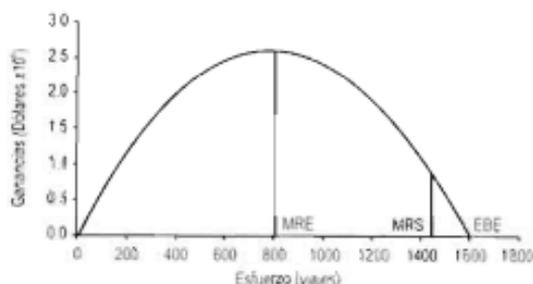


Figura 25. Ganancias en equilibrio en función del esfuerzo para la pesquería de sardina crinuda del sur del Golfo de California.

Un análisis general indica que el incremento del esfuerzo pesquero genera aumentos en las capturas y en los ingresos de la pesquería. Si el esfuerzo continúa creciendo, la biomasa decrece paulatinamente, y las ganancias disminuyen hasta un nivel en que ya no es atractiva la pesca, ya que los ingresos son iguales a los costos.

Con base en los modelos antes presentados se obtuvieron tres escenarios de gestión y los valores para los puntos de referencia correspondientes (Tabla 6).

Tabla 6. Escenarios de gestión y puntos de referencia para la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California. Las abreviaturas corresponden a: EBE (Equilibrio BioEconómico), MRS (Máximo Rendimiento Sostenido, MRE (Máximo Rendimiento Económico).

PUNTOS DE REFERENCIA	EBE	MRS	MRE
Biomasa (ton)	314,526	350,000	507,263
Captura (ton)	121,242	122,500	97,768
Esfuerzo (viajes)	1,603	1,455	801
Periodo (años)	170	90	73
Costos totales (dólares)	8,486,911	7,664,931	4,239,935
Ingresos Totales (dólares)	8,486,911	8,574,758	6,840,264
Ganancia (dólares)	0	909,827	2,600,329
Margen de utilidad (%)	0	12	61

Los tres escenarios presentados EBE, MRS y MRE, permiten entender mejor la dinámica de la pesquería. En el primer escenario, la biomasa, captura y esfuerzo en equilibrio bioeconómico (EBE) muestran un equilibrio entre los costos y los ingresos al no tener margen de utilidad, y además el esfuerzo (viajes) es muy elevado (1,603 viajes), el doble del esfuerzo en el MRE. Por otra parte, los valores de biomasa son los más bajos con un valor de 314,500 ton.

La biomasa, captura y esfuerzo en el MRS plantea un segundo escenario de explotación pesquera intermedio en cuanto al esfuerzo invertido (1,455 viajes) y la biomasa con un nivel del 50% del valor de K, es decir 350,000 ton, y con el mayor nivel de captura (122,500 ton) de los tres escenarios, sin embargo las ganancias apenas llegan a los 910,000 dólares.

El tercer escenario muestra a la biomasa, captura y esfuerzo en el MRE como los puntos de referencia más adecuados para la explotación de la pesquería, ya que por un lado la biomasa en el MRE presenta el valor más alto con 507,263 ton, la captura es menor que en los dos escenarios anteriores (97,768 ton) pero solo requiere de 801 viajes para obtener esa captura. Además las ganancias (\$2,600,329 dólares) y el margen de utilidad (61%) hacen de este escenario el más redituables para la industria pesquera ya que no sólo aumenta el ingreso, sino el beneficio, es decir el punto en que es máxima la diferencia entre ingresos y costos.

## DISCUSIÓN

### Capturas

La serie histórica de captura y biomasa, representa a una pesquería en constante crecimiento, destacando que a partir del año 2000 las capturas han sido records consecutivos. Este comportamiento no ha sido exclusivo de esta pesquería. En las diferentes regiones del noroeste mexicano prácticamente todas las pesquerías de pelágicos menores han aumentado sus volúmenes de captura, tanto que a nivel nacional en el 2009 representaron el 49.35% de total pescado, cuando tradicionalmente ocupan del 30 AL 40%. (SAGARPA, 2011). En este sentido Martínez-Zavala *et al.* (2010), reportó para la pesquería del Golfo de California capturas record de 538,669 t encabezadas por la sardina monterrey para la temporada 2007/2008, lo que se atribuye a la alta densidad relativa y amplia distribución espacial de los organismos, además de la presencia de jóvenes reclutas en las capturas. Explica también el hecho de que durante esta temporada se "conjugaron condiciones ambientales favorables y un proceso reproductivo exitoso". Cota-Villavicencio *et al.* (2010) documenta un incremento en las capturas de sardina monterrey del 30% en el 2008, lo que lo atribuye a condiciones ambientales frías, magnificadas por el efecto de La Niña que duró hasta mediados del 2008. Jacob-Cervantes (2010b) también reporta un aumento constante en las capturas de sardina crinuda de la pesquería del sur del golfo de California en el periodo de 2003 a 2007. Establece que las capturas de sardina crinuda aumentan cuando las anomalías de la temperatura superficial del mar son positivas, sin embargo Jacob-Cervantes (1996) menciona que cuando ocurre un evento El Niño

que es una anomalía positiva intensa las capturas pueden mantenerse o disminuir con respecto a años anteriores. Esta disminución también se puede observar durante anomalías térmicas negativas o eventos La Niña, lo que ocurrió en el 2008 cuando las capturas de sardina crinuda disminuyeron ligeramente (87,584 t) con respecto a años anteriores. En un estudio de Vallarta-Zárata (2010) acerca del efecto de la temperatura superficial del mar describe también el mismo efecto de esta variable sobre la sardina crinuda.

#### Biomasa y Relación Parentela-Progenie

En relación a la biomasa destaca la gran cantidad de reclutas que llegan a representar hasta el 50 % de total. Se observó que a partir de la temporada 2000/2001, el reclutamiento aumenta constantemente sugiriendo un éxito reproductivo sin precedentes en la historia de la pesquería. Los diferentes modelos parentela-progenie se acercan a un ajuste casi lineal, lo que de acuerdo a Hilborn y Walters (1992) y Sparre y Vennema (1997), indica que se trata de una relación denso independiente en donde pueden estar afectando factores externos como los ambientales y no solo el tamaño del stock reproductor.

En relación a los parámetros obtenidos en las diferentes combinaciones del modelo de Ricker se observa que el parámetro  $\alpha$  varía de 2.4 a 0.92 indicando que el número de reproductores disminuye cuando se incluyen condiciones ambientales al modelo. El mayor número de reclutas por reproductor (2.4) se obtiene cuando el modelo no se ve afectado por las condiciones ambientales (Tabla 4). En el caso del modelo de Beverton y Holt y las diferentes combinaciones ambientales (Tabla 4) se observa que el parámetro  $\alpha$  tiene amplia

variación que va de 9,012 a 364,548 reclutas producidos, y el parámetro  $\beta$  también fluctúa con grandes incrementos lo que indica que al aumentar el número de reproductores, también aumentará el stock reproductivo. El valor más alto (1.95) para la relación  $\alpha/\beta$  (reclutamiento máximo/reproductores) es la que se presenta en el modelo sin la influencia ambiental. La influencia de la TSM es la que más afecta esta relación con un valor de 0.63. Un efecto moderado sobre esta relación es el de la surgencia (1.40) y el de la turbulencia (1.43). Para el modelo de Sheperd, el parámetro  $\alpha$  indica un aumento de la sobrevivencia denso independiente cuando se le aplica la influencia ambiental, el valor más alto (2.24), es el del modelo con el efecto de la temperatura. Sin embargo el parámetro  $\beta$  muestra que el tamaño del stock arriba del cual los procesos denso dependientes predominan sobre los denso independientes prácticamente no varía cuando el modelo se ajusta sin el efecto del ambiente y con el efecto de la TSM y de la Surgencia. La turbulencia muestra un cambio significativo (2.0) en este parámetro. El grado de compensación de la población ( $\delta$ ) permanece prácticamente constante alrededor de las 4,500 unidades.

En general, la inclusión de los factores ambientales a los modelos parentela-progenie presentan una mejora marginal de dos o tres puntos y no redujo significativamente la varianza del modelo, aunque si incrementa su complejidad. Para el caso de la temperatura esto podría deberse a varios factores entre ellos a la naturaleza de los datos, ya que el uso de promedios anuales enmascara las variaciones intra anuales que están afectando a los organismos, también podría considerarse que debido a que la fuente de información de los datos (IGOSS,

2010) proviene de una zona alejada de la costa, éstos podría no tener una relación directa con los organismos. En este sentido Farber-Lorda *et. al* (2010) hicieron un estudio hidrográfico que corresponde al área de estudio. Presenta el gradiente térmico en el mes de junio encontrándose una amplia diferencia de temperatura entre los límites este y oeste de la región, hasta de 4°C por lo que al usar los promedios en la TSM quedan enmascarados las variaciones que están afectando a los peces capturados, ya que éstos son más costeros pudiéndose entender así el por qué, la TSM estadísticamente no explica gran porcentaje de la varianza en la relación parentela progenie. Sin embargo, el índice de surgencia y turbulencia tampoco muestran una gran relación con la abundancia en los modelos aplicados, pero a diferencia de la temperatura éstos datos se refieren a la zona costera por lo que una consideración importante al respecto es que las capturas están integradas por organismos de tres especies con dinámicas poblacionales diferentes. Por otra parte, el hecho de que estadísticamente solo haya sido marginal el incremento en el coeficiente de determinación en los diferentes modelos stock-reclutas y los factores ambientales, puede indicar también que el efecto de estos factores no es exponencial como se ha planteado en este trabajo, por lo que quizá deba probarse si este tipo de relaciones pueden ajustarse mejor a un Modelo de tipo no lineal que pueda explicar mejor el efecto de estas variables.

El hecho de relacionar la temperatura, surgencia y turbulencia en este trabajo es importante ya que varios autores como Cury y Roy (1989a) y Roy *et al.* (1992), encontraron lo que ellos definen como "ventanas óptimas ambientales" que

favorecen el éxito reproductivo, es decir valores de éstos índices donde se encuentran condiciones favorables para el desarrollo de los reclutas, por lo que podemos comparar los resultados obtenidos. En México, Nevárez-Martínez *et al* (2008) han aplicado éstos conceptos. En el presente estudio se puede observar que hay un éxito reproductivo asociado a factores ambientales, ya que los valores tan altos de reclutas presentados en los últimos años corresponden a valores de temperatura alrededor de los 26°C. Por otra parte, el análisis de la serie de tiempo del Índice de Surgencia y Turbulencia muestra que a partir del año 2000 los valores cambian en intensidad, pasando de tener valores altos a valores moderados, lo que de acuerdo con las hipótesis y teorías desarrolladas por diferentes autores (Cury y Roy, 1989b; Roy *et al.*, 1992; Cury *et al.*, 1995; Cury *et al.*, 1998), éstos últimos son los que favorecen el éxito reproductivo ya que establecen condiciones de movimientos de masas de agua, alimentación y hábitat ideales para los reproductores.

#### Modelo Bioeconómico.

En las políticas de regulación pesquera es importante la parte socioeconómica ya que es una de las condicionantes de la actividad pesquera. No sólo es necesario que biológicamente exista el recurso, sino que haya un interés económico para explotarlo.

En este sentido, la pesquería de sardina crinuda en el sur del Golfo de California ha mantenido una tendencia creciente en los últimos años, con aumento notables en los volúmenes de capturas anuales y el esfuerzo de pesca, lo que ha permitido tener ganancias económicas muy importantes, haciendo de ésta, una actividad económicamente rentable para la industria pesquera de la región. Si se comparan

el comportamiento histórico de esta pesquería con la captura predicha por el modelo para los puntos de referencia aquí obtenidos, se puede ver que la flota pesquera ha realizado capturas por debajo de esos valores. La única excepción es para la temporada 2008/09 cuando se pescaron 99,828 ton de sardina crinuda, el cual se encuentra ligeramente encima de la captura asociada al Máximo Rendimiento Económico ( $C_{MRE}=97,768$  ton), aunque el modelo estima un nivel de esfuerzo de  $E_{MRE}=801$  viajes, mientras que las capturas obtenidas en 2008/09 se hicieron solo con 697 viajes (Jacob-Cervantes, 2010b). Actualmente en el 2011 se pescaron 81,578 ton de sardina crinuda con 722 viajes realizados por una flota de 7 embarcaciones (Jacob-Cervantes *et al.*, 2012) continuando por debajo de las cifras estimadas.

Por otra parte, destaca el margen de utilidad tan similar del MRE (61%) y el de la temporada 2008/09 (59%). El modelo bioeconómico de Gordon-Shaefer, muestra una pesquería estable, que no está sobreexplotada, sin embargo se recomienda no aumentar el esfuerzo pesquero, debido a la incertidumbre asociada a estos recursos (Kawasaki, 1983; Lluch-Belda *et al.*, 1992). Es importante señalar que la pesquería de los peces pelágicos menores en México está regulada por la norma pesquera NOM-003-PESC-1993 (DOF, 1993b) y la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2000, 2010, 2012b), por lo que estos puntos de referencia son importantes en la medida que actualizan el conocimiento de esta pesquería y da elementos adicionales para su manejo, ya que esta pesquería no cuenta con regulaciones específicas para esta zona.

Sin embargo es necesario tomar en cuenta que el modelo de Gordon-Shaefer parte de ciertos supuestos biológicos y económicos ideales tanto del recurso, como del sector productivo y del mercado, los cuales en este caso no se cumplen totalmente, por lo que es necesario ser cauteloso en su aplicación. Al respecto Aliaga *et al.* (2001) en un estudio similar realizado en Chile para sardina y anchoveta, considera que aplicar este tipo de modelos (aún con sus limitaciones) permite conocer las variables económicas que explican el comportamiento de la pesquería, considerando la integración vertical de la industria. Por otra parte y

debido a que este estudio es el primero en su tipo para la región, es necesario darle seguimiento a los parámetros aplicados como coeficiente de capturabilidad, mortalidad natural, costo unitario del esfuerzo y precio de la especie de acuerdo a lo expuesto por De Anda *et al.* (2010) ya que esto permitirá mejorar el modelo en un futuro.

Un factor importante en esta pesquería con respecto a la tendencia ascendente en las capturas a partir de la temporada 2001/02, es que de acuerdo con Jacob-Cervantes (2010b) estos incrementos pueden estar determinados por las condiciones ambientales que han favorecido el crecimiento de estos recursos a través de periodos con procesos reproductivos exitosos, que se ven reflejados en un aumento en la disponibilidad y en las capturas y en una industria económicamente sana, por lo que para una gestión exitosa se deberán analizar también los factores ambientales que pueden afectar el desarrollo sustentable del recurso, ya que cambios desfavorables en el ambiente podrían influir en la disminución de la abundancia de este recurso.

En este sentido se sugiere complementar este estudio mediante la implementación de un modelo bioeconómico en el que se utilice la estructura de edades de la población y que permitan calibrar los puntos de referencia presentados para definir con mayor certidumbre el nivel de esfuerzo pesquero adecuado para este recurso, ya que una incorrecta gestión del recurso puede afectar el equilibrio en que se produce y mantiene, y podría tener serias consecuencias sobre el equilibrio social-económico, ya que la pesca es parte importante de la seguridad alimentaria nacional por el aporte de proteínas de alta calidad y bajo costo, dando origen a razones políticas primordiales para la preservación de este recurso pesquero.

Finalmente es importante mencionar que los resultados obtenidos en este estudio, inciden directamente en el manejo de esta pesquería, ya que de acuerdo a las nuevas regulaciones de manejo establecidas en el Plan de Manejo para la Pesquería de Pelágicos Menores (DOF, 2012a) se requiere entre otros factores

conocer el estado de salud de la pesquería y conocer sobre todo la abundancia en términos de biomasa para determinar la fracción de la biomasa crítica, es decir el nivel de biomasa requerido para garantizar la sustentabilidad del recurso, por lo que este trabajo sienta las bases para la aplicación adecuada de esta normatividad.

## CONCLUSIONES

La pesquería de sardina crinuda en el sur del golfo de California se ha mantenido estable en los últimos años, con aumento en los volúmenes de capturas anuales y el esfuerzo, lo que ha permitido tener ganancias económicas, haciendo de ésta, una actividad económicamente rentable para la industria pesquera de la región.

La población de sardina crinuda en el periodo de 2003 al 2009 se ha mantenido en constante crecimiento debido probablemente a la influencia de diversos factores ambientales (temperatura, surgencia y turbulencia) que han favorecido el éxito reproductivo de estas especies.

El modelo bioeconómico de Gordon Shaefer, muestra una pesquería estable, que no está sobreexplotada, sin embargo se recomienda no aumentar el esfuerzo pesquero, debido a la incertidumbre asociada a estos recursos.

Se cumple la hipótesis planteada: La dinámica poblacional y las capturas de sardina crinuda *Opisthonema* spp. están determinadas por la pesca y por factores económicos y ambientales en el sur del golfo de California.

## RECOMENDACIONES

Implementar un modelo bioeconómico que incorpore la estructura de edades de la población que permitan calibrar los puntos de referencia presentados y limitar el esfuerzo pesquero.

Darle seguimiento al comportamiento de la pesquería ya que cambios desfavorables en el ambiente podrían influir en la disminución de la abundancia de este recurso.

Realizar estudios de evaluación de la pesquería con información independiente de las capturas comerciales, como pueden ser métodos hidroacústicos o el método de producción diaria de huevos, que nos permita tener un conocimiento más preciso de la pesquería.

Divulgación de los resultados al sector industrial y diferentes usuarios para incluir sus puntos de vista, conocimiento del recurso y necesidades.

## LITERATURA CITADA

- Acal DE. 1990. Biomasa y Rendimiento potencial de la sardina crinuda (*Opisthonema spp*) en las costas de Sinaloa y Nayarit. *Ciencias Marinas*. 16(4): 61-73.
- Agenbag JJ, Richardson AJ, Demarcq H, Fréon P, Weeks S y Shillington FA. 2003. Estimating environmental preferences of South African pelagic fish species using catch size and remote sensing data. *Progress in Oceanography*. 59: 275-300.
- Aguirre-Gómez R. 2002. Los mares mexicanos a través de la percepción remota. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Alheit J y Niquen M. 2004. Regime shifts in the Humboldt Current ecosystem. *Progress in Oceanography*. 60: 201-222.
- Aliaga R. B, Gómez U. D y Neira A. S. 2001. Análisis bioeconómico de la pesquería de sardina (*Sardinops sagax*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona norte de Chile. *Investigaciones Marinas*. 29: 15-23.
- Álvarez-Borrego S y Lara-Lara R. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. En: Dauphin JP y Simoneit BR (ed.), *The Gulf of California and peninsular province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologist, E.U.A.; pp. 555-567.
- Anderson LG y Seijo JC. 2010. *Bioeconomics of fisheries management*, 1a ed: John Wiley & Sons.
- Arvizu-Martínez J. 1987. Fisheries in the Gulf of California. *CalCOFI*. 28: 32-42.

- Bakun A. 1973. Coastal Upwelling Indices, West coast of North America 1946-71.  
En: NOAA Technical Report NMFS SSRF 103.
- Beverton RJH y Holt SJ. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. En:  
Fisheries Investment Series 2: U.K. Ministry of Agriculture and Fisheries; 533.
- Blaxter JHS. 1966. The effect of light intensity on the feeding ecology of herring. En:  
Bainbridge Rea (ed.), Light as an ecological factor. Brit. Ecol. Soc. Symp; pp.  
393-409.
- Caddy JF y Mahon R. 1996. Puntos de referencia para la ordenación pesquera.  
Roma: FAO.
- Cadet HH y Berner Jr. L. 1959. Food on the pacific sardine (*Sardinops caerulea*)  
Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. 60(175-184).
- Cisneros-Mata MA, De Anda JA, Estrada G. JJ, Páez-B F y Quiróz S. A. 1989.  
Diagnosis sobre la investigación de pelágicos menores en el noroeste de  
México. En: Taller de trabajo: Biología marina y recursos marinos renovables.  
La Paz, Baja California Sur: Instituto Nacional de la Pesca.
- Cisneros-Mata MA, De Anda M. JA, Estrada-García J, Páez-Barrera F y Quiroz S. A.  
1988. Pesquería de Sardina del Golfo de California y costa de Sinaloa  
(Informe 1986/87 y Diagnóstico). Informe Técnico del Instituto Nacional de la  
Pesca (inédito). Guaymas, Son. México. SEPESCA, Instituto Nacional de la  
Pesca. CRIP Guaymas,
- Cisneros-Mata MA, Nevárez-Martínez MO, Montemayor-López G, Santos-Molina JP  
y Morales-Azpeitia R. 1991. Pesquería de sardina en el Golfo de California  
1988/89-1989/90. Guaymas, Son. México. SEPESCA, Instituto Nacional de la  
Pesca. CRIP Guaymas,

- Cisneros Mata MA, De Anda M. JA, Estrada Garcia. JJ y Páez Barrera F. 1990. Evaluación de las pesquerías de sardina monterrey y crinuda del Golfo de California. Invest Mar CICIMAR. 5(1): 19-26.
- Cota-Villavicencio. A, Troncoso-Gaytán R, Romero-Martinez M y Nevárez Martinez MO. 2010. Situación de la pesquería de pelágicos menores en la costa noroccidental de Baja California durante las temporadas de pesca 2001 y 2008. Ciencia Pesquera. 18(2): 19-32.
- Cury P y Roy C. 1989a. Optimal Environmental Window and Pelagic Fish Recruitment Success in Upwelling Areas. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 46: 670-680.
- Cury P y Roy C. 1989b. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 46: 670-680.
- Cury P, Roy C y Faure V. 1998. Environmental constraints and pelagic fisheries in upwelling areas: The Peruvian puzzle. South African Journal of Marine Science. 19: 159-167.
- Cury P, Roy C, Mendelsshon A, Bakun A, Husby DM y Parrish RH. 1995. Moderate is better: nonlinear climatic affects on Californian Anchovy. En: Beamish RJ (ed.), Climate change and the Northern fish populations. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences; pp. 417-424.
- Darby CD y Flatman S. 1994. Virtual Population Analysis: Version 3.1 (Windows/DOS) User Guide. 3.1 ed (Series IT, ed). Lowestoft: MAFF, Directorate of Fisheries Research.

- De Anda-Montañez A y Seijo JC. 1999. Bioeconomics of the pacific sardine (*Sardinops sagax*) fishery in the Gulf of California, Mexico. CalCOFI. 40.
- De Anda-Montañez JA, Ramos-Rodríguez A y Martínez-Aguilar S. 2010. Effects of environmental variability on recruitment and bioeconomic modelling in the Pacific sardine (*Sardinops sagax caerulea*) fishery from Magdalena Bay, Baja California Sur, Mexico. Scientia Marina. 74: 25-35.
- De Anda JA y Lyle L. 1987. Evaluación del recurso sardina crinuda (*Opisthonema* spp) de las costas de Sinaloa Nayarit y Jalisco. En: VII Congreso Nacional de Oceanografía. Ensenada, B.C.; 20-24.
- DOF. 1993a. Norma Oficial Mexicana 003-PESC-1993.
- DOF. 1993b. Norma Oficial Mexicana 03-PESC-1993, para regular el aprovechamiento de las especies de sardina Monterrey, piña, crinuda, bocona, japonesa y de las especies anchoveta y macarela, con embarcaciones de cerco, en aguas de jurisdicción federal del océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. México, D.F. : Diario Oficial de la Federación.
- DOF. 2000. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. 2012a. Acuerdo mediante el cual se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero para la pesquería de Pelágicos Menores (sardinias, anchovetas, macarelas y afines) del noroeste de México. Diario Oficial. 8 de noviembre de 2012: 9-59.

- DOF. 2012b. Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial(24 de agosto): 68-69.
- FAO. 1988. Aspects of FAO's policies, programmes, budget and activities aimed at contributing to sustainable development. En: Documento del 94o periodo de sesiones del Consejo de la FAO. Roma; CL 94/96.
- FAO. 1995. Enfoque precautorio para la pesca. Roma: FAO.
- FAO. 2006. SOFIA. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma: FAO.
- Gallegos A, Barberán J y Fernández A. 1988. Condiciones oceánicas alrededor de isla Socorro, archipiélago de Revillagigedo, en julio de 1981. Revista Geofísica. 28: 41-58.
- García FW, Cota V. A, Barrera M. A, Sánchez R. J y Luna F. J. 1990. Boletín Informativo 20. CRIP-Ensenada: Instituto Nacional de la Pesca.
- Haddon M. 2001. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. E.U.A.: Chapman & Hall.
- Herrick Jr. SF, Norton JG, Mason JE y Bessey C. 2007. Management application of an empirical model of sardine-climate regime shifts. Marine Policy. 31: 71-80.
- Hilborn R y Walters CJ. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics & Uncertainty. E.U.A.: Chapman & Hall.
- Hill KT, Lo N, Macewicz BJ, Crone PR y Felix-Uraga R. 2010. Assessment of the pacific sardine resource in 2009 for U.S. management in 2010. NOAA Technical Memorandum NMFS.
- IGOSS. 2010. Temperatura superficial del mar. En: Integrated Global Ocean Services System (en línea). <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/IGOSS/nmc/monthly/sst/>

- IRI. 2010. Historical Sea Surface Temperature Index. En: International Research Institute for Climate and Society (en línea). <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/figure4.html>
- Jacob-Cervantes M. 2010a. La pesquería de peces pelágicos menores en el sur del golfo de California. Análisis de la temporada de pesca 2008. Ciencia Pesquera. 18(2): 47-58.
- Jacob-Cervantes M, Nevárez-Martínez MO, Márquez-García E, Valdez-Ornelas MA, Gastelum-Villareal R, Valdez-Ledón P y Vallarta-Zárate JR. 2012. Análisis de la pesquería de pelágicos menores en el sur del golfo de California, durante el 2011. Informe de Investigación (documento interno). Mazatlán, Sin., México. INAPESCA. SAGARPA,
- Jacob-Cervantes M, Valdez-Ornelas MA, Gastelum-Villareal R, López-Nuño I y Valdez-Ledón P. 2005. Desarrollo de la pesquería de pelágicos menores en el sur del Golfo de California durante 2004. Informe de Investigación (documento interno). Mazatlán, Sin. México. CRIP-Mazatlán, INAPESCA-SAGARPA,
- Jacob-Cervantes ML. 1996. Análisis de la pesquería de sardina crinuda, basado en las capturas comerciales, en el puerto de Mazatlán, de las temporadas 1972/73-1990/91 (Tesis de Maestría). Mazatlán, Sin.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jacob-Cervantes ML. 2010b. La pesquería de peces pelágicos menores en el sur del golfo de California. Análisis de la temporada de pesca 2008. Ciencia Pesquera. 18: 47-58.
- Jacob-Cervantes ML, Valdez-Ornelas MA, Chapa-Morales O, Gastelum-Villareal R, López-Nuño I y Valdez-Ledón P. 2006. La variabilidad de las capturas en la

pesquería de peces pelágicos menores en Sinaloa, Nayarit y Jalisco durante el 2005. Informe de Investigación (documento interno). Mazatlán, Sin., México. SAGARPA-INP-CRIP-MAZ.

Jacob Cervantes ML, Green-Ruiz YA, Martínez-Aguilar S, Galindo-Núñez A, Valdez-Ornelas MA, Chapa-Morales O, Gastelum-Villareal R, López-Nuño I y Valdez-Ledón P. 2005. La variabilidad de las capturas en la pesquería de peces pelágicos menores en Sinaloa, Nayarit y Jalisco durante el 2004. Informe de Investigación (documento interno). Mazatlán, Sin. México. SAGARPA-INP-CRIP-MAZ.

Jones R. 1984. Assessing the effects in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). *FAO Fish Tech Pap.*; 256-118.

Kawasaki T. 1983. Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? biological basis of fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. En: *FAO Fisheries Report*. Roma: FAO; 491-506.

Lizárraga RHM. 1995. Diagnóstico de la pesquería de la sardina Crinuda *Opisthonema* spp. y bocona *Cetengraulis mysticetus* de las costas de Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Universidad Autónoma de Sinaloa.

López-Martínez J. 2008. La variabilidad ambiental y las poblaciones marinas. En: López-Martínez J (ed.), *Variabilidad Ambiental y Pesquerías de México*. Primera Edición ed Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, México, pp. 3-68.

Lyle L. 1992. Fluctuaciones de la sardina crinuda (*Opisthonema* spp) desembarcada en tres puertos del Pacífico Mexicano, 1973-1991 (Tesis de Maestría). Ensenada, Baja California, México: CICESE.

- Lleonart J, Maynou F, Recasens L y Franquesa R. 2003. A bioeconomic model for Mediterranean fisheries, the hake off Catalonia (western Mediterranean) as a case study\*. *Scientia Marina*. 67: 337-351.
- Lluch-Belda D, Schwartzlose RA, Serra R, Parrish R, Kawasaki T, Hedgecock D y Crawford RJM. 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report. *Fisheries Oceanography*. 1: 339-347.
- Lluch-Cota SE. 1999. Coastal upwelling in the eastern Gulf of California. *Oceanologica Acta*. 23(6): 731-740.
- Martínez Zavala MA, Nevárez Martínez MO, Anguiano-Carrasco ML, Santos Molina JP y Godínez-Cota AR. 2010. Captura de peces pelágicos menores en el golfo de California, temporada de pesca 2007-2008. *Ciencia Pesquera*. 18(2).
- Morales-Bojórquez E. 2009. Indicadores biológicos de cambios globales; el océano Pacífico. *Ciencia y Desarrollo*. 48: 60-64.
- Morales-Bojórquez E, Gómez-Muñoz VM, Félix Uruga R y Alvarado-Castillo RM. 2003. Relation between recruitment, sea surface temperature, and density-independent mortality of the Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) off the southwest coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Scientia Marina*. 67(1): 25-32.
- Nevárez-Martínez MO, Cisneros-Mata MA y Lluch-Belda D. 2008. Las capturas de sardina Monterrey *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) y su relación con el medio ambiente y el esfuerzo pesquero. En: López-Martínez J (ed.), *Variabilidad ambiental y Pesquerías de México*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México; pp. 183-200.

- Nevárez-Martínez MÓ, Lluch-Belda D, Cisneros-Mata MA, Santos Molina JP, Martínez-Zavala MA y Lluch-Cota SE. 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(1-4): 565-580.
- Nevárez-Martínez MO, Martínez-Zavala MA, Coteró-Altamirano CE, Jacob-Cervantes M, Green-Ruiz YA, Gluyas-Millán G, Cota-Villavicencio A y Santos Molina JP. 2006. Pelágicos. En: Cuellar J (ed.), *Sustentabilidad y Pesca Responsable: Evaluación y Manejo*. México; pp. 263-295.
- Páez-Barrera F. 1976. Desarrollo gonadal, desove y fecundidad de sardina crinuda (Günther) de la zona de Mazatlán basados en el análisis histológico de la gónada. *Memorias del Simposium nacional de recursos pesqueros masivos de México*. Ensenada, Baja California. México. SEP,
- Parrish RH y McCall AD. 1978. Climatic variation and exploitation in the Pacific mackerel fishery. *Fish Bull Calif*. 167: 110.
- Pedrin O. 1972. Normalización de esfuerzo y eficiencia relativa de flotas sardineras en Baja California. En: *Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía*, Dir General de Pesca, SIC. México, D.F.: Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras; 457-471.
- Pedrin O y Ancheita AA. 1976. Estadísticas básicas de la explotación de sardina en el noroeste de México. México. Instituto Nacional de la Pesca,
- Pedrin O, Sokolov VA y Molina VD. 1973. Las capturas por unidad de esfuerzo de la pesquería de sardina Monterrey en el Golfo de California de 1968 a 1972. México. Instituto Nacional de la Pesca,

- Prager MH. 1989. FISHPARM. Nonlinear parameter estimation for Fisheries. 3.OS ed: Dep. Oceanogr. Norfolk, Va. 23529-0276, Old Dominion Univ.
- Ricker WE. 1954. Stock and recruitment. J Fish Res Board Can. 11: 559-623.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull Fish Res Board Can. 191: 382.
- Roy C, Cury P y Kifani S. 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy. South African Journal of Marine Science. 12: 135-146.
- Ruiz-Luna A. 1995. Comparación de modelos globales con un modelo empirico para la evaluación de la producción pesquera de sardina crinuda *Opisthonema* spp. Mazatlán, Sin. Ciencias del Mar, UAS.
- Ruiz-Luna A, Jacob-Cervantes M y Esparza-Haro A. 1997. Trends in fishing indices for the thread herring fishery in northwest Mexico. Fisheries Management and Ecology. 4: 55-61.
- Ruiz L. A y Lyle F. LP. 1992. Fluctuaciones periodicas de la captura de sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) e n el Golfo de California, 1972-1990. CalCOFI. 33: 124-129.
- SAGARPA. 2011. Anuario estadistico de acuacultura y pesca 2010. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca: 1-285.
- Sejor JC, Defeo O y Salas S. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. Roma: FAO.
- Shepherd JG. 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves. J Cons Inst Explor Mer. 40(1): 67-75.

- Silvestri S y Maynou F. 2009. Application of a bioeconomic model for supporting the management process of the small pelagic fishery in the Veneto Region , northern Adriatic Sea , Italy. *Scientia Marina*. 73: 563-572.
- Sokolov VA y Wong RM. 1973. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina crinuda y anchoveta) en 1971. México. Instituto Nacional de Pesca,
- Sparre P y Venema SC. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual: FAO
- Vallarta-Zárate JR. 2010. Efectos climatológicos de la temperatura superficial del mar, en la pesquería de sardina crinuda (*Opisthonema spp*) en el sur del Golfo de California, 1996-2008 (Tesis Profesional). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Yañez E, Hormazábal S, Silva C, Montecinos A, Barbieri MA, Valdenegro A, Órdenes A y Gómez F. 2008. Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off northern Chile: ecosystem indicators and a conceptual model. *Lat Am J Aquat Res* 36(2): 159-181.



Gastos de operación de la flota sardinera (no pesca) de Mazatlán, 2008.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
SERVICIO DE COMERCIALIZACION Y AJUSTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIELES, GRASAS Y ACEITES LUBRI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REDO Y EQUIPO DE PESCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANTENIM Y REPARACION MAQUINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSERV Y MANTEN DE ENBARCAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SISTEMA ELECTRICD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SISTEMA DE REFRIGERACION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SISTEMA HIDRAULICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SISTEMA ELECTRONICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANTO Y REPARAC DE FIANCO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSERVAC Y MANTO DE CASETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMPUESTOS Y GASTOS-NO DE DUCIBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEPRECI EQUIPO DE TRANSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UNIFORMES PERSONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DE VIAJE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALIMENTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALUGER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEDO DE SEGURIDAD E INPENSAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOQUINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTENCILIOS CASETA Y COCINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUMACION Y DESINFECTON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FILTRES ACARROS Y MINICORAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEGUROS Y FIANZAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TELEFONO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HONORARIOS Y GASTOS LEGALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESPACHOS Y CERTIF SEGURIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DIVERSOS DE TALLER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS Y MANTO DE AUTOMOVILES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0