

De acuerdo con la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR  
Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 1996,  
México.

## Capítulo II De la Limitación a los Derechos Patrimoniales

### Artículo 148.-

*Las obras literarias y artísticas ya divulgadas podrán utilizarse, siempre que no se afecte la explotación normal de la obra, sin autorización del titular del derecho patrimonial y sin remuneración, citando invariablemente la fuente y sin alterar la obra, sólo en los siguientes casos:*

I. Cita de textos, siempre que la cantidad tomada no pueda considerarse como una reproducción simulada y sustancial del contenido de la obra;

II. Reproducción de artículos, fotografías, ilustraciones y comentarios referentes a acontecimientos de actualidad, publicados por la prensa o difundidos por la radio o la televisión, o cualquier otro medio de difusión, si esto no hubiere sido expresamente prohibido por el titular del derecho;

III. Reproducción de partes de la obra, para la crítica e investigación científica, literaria o artística;

IV. Reproducción por una sola vez, y en un sólo ejemplar, de una obra literaria o artística, para uso personal y privado de quien la hace y sin fines de lucro. Las personas morales no podrán valerse de lo dispuesto en esta fracción salvo que se trate de una institución educativa, de investigación, o que no esté dedicada a actividades mercantiles;

V. Reproducción de una sola copia, por parte de un archivo o biblioteca, por razones de seguridad y preservación, y que se encuentre agotada, descatálogada y en peligro de desaparecer.

Si usted es el autor de la obra y no desea que sea visualizada a través de este medio, favor de notificarlo por escrito a:

Universidad Autónoma de Nayarit. Dirección de Desarrollo Bibliotecario. Edificio de la Biblioteca  
• Magna. Ciudad de la Cultura Amado Nervo s/n. Col. Los Fresnos. CP. 63190. Tepic, Nayarit.

O bien vía correo electrónico a: [ddb@uan.edu.mx](mailto:ddb@uan.edu.mx)

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**



**ANÁLISIS BIOECONÓMICO DE LA PESQUERÍA DE  
SARDINA MONTERREY (*SARDINOPS SAGAX  
CAERULEUS*) EN SONORA, MÉXICO.**

**TESIS**

Que como requisito parcial para obtener el grado  
Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICO  
AGROPECUARIAS ÁREA CIENCIAS PESQUERAS**

Presenta

**SARITA SUSUKY HERNÁNDEZ**

Xalisco, Nayarit. Abril, 2012



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**

---

**ANÁLISIS BIOECONÓMICO DE LA PESQUERÍA  
DE SARDINA MONTERREY (*SARDINOPS SAGAX  
CAERULEUS*) EN SONORA, MÉXICO.**

**TESIS**

Que como requisito parcial para obtener el grado  
Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICO  
AGROPECUARIAS ÁREA CIENCIAS PESQUERAS**

Presenta

**SARITA SUSUKY HERNÁNDEZ**

Xalisco, Nayarit. Abril, 2012.



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

CBAP/106/12

Xalisco, Nayarit., 18 de abril 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 marzo de 2012, enviado por los CC. Dr. Manuel Otilio Nevárez Martínez, Dr Emilio Peña Messina, Dr. José Trinidad Nieto Navarro y Dr. Javier Marcial de Jesús Ruiz Velazco Arce, donde se nos indica que el trabajo de tesis titulado "Análisis bioeconómico de la pesquería de sardina Monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) en Sonora" cumple con lo establecido en forma y contenido, 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. Sarita Susuky Hernández, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría en el Área de Ciencias Pesqueras .

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

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

Dr. J. Diego García Paredes  
Coordinador del Posgrado

C.c.p.-Minutario.  
C.c.p.-Expediente  
JGGPmet



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

Xalisco, Nayarit, 30 de Marzo de 2012

Dr. Juan Diego García Paredes  
Coordinador del Posgrado CBAP  
Presente.

Los que suscribimos, integrantes del Consejo Tutorial de la C. Sarita Susuky Hernández, hemos constatado que después de haber revisado y corregido el trabajo de tesis titulado "Análisis bioeconómico de la pesquería de sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) en Sonora" hemos determinado que puede ser impreso para continuar con los trámites para aspirar al grado de Maestría en Ciencias e Biológicas Agropecuarias, con opción terminal en Ciencias Pesqueras.

ATENTAMENTE  
EL CONSEJO TUTORIAL

  
Dr. Manuel Otilio Naváez Martínez

  
Dr. Emilio Peña Messina

  
Dr. José Trinidad Nieto Navarro

  
Dr. Javier Marcial de Jesús Ruiz Valdico Arce

## Dedicatoria

A quien me ha dado todo, que ha sido mi pronto auxilio en los tiempos más difíciles, gracias por tú misericordia, por qué si no fuese por ti nunca hubiera comenzado esta aventura: Dios

A mi papá Shiro Suzuki Yamaguchi, que con su ejemplo me enseñó a no darme por vencida, y que cada día me enseña cosas nuevas.

A mi madre Rosa Hernández que confió en mí, gracias por apoyarme, senti una mano amiga, me enseñó mucho de lo que me ha definido como persona.

A mis Hermanos Elena por que hiciste lo posible para apoyarme incondicional, gracias por el esfuerzo y Abraham que con sus consejos, me hicieron valórame como persona.

## Agradecimientos.

Al Instituto Nacional de Pesca (y al proyecto SAGARPA-CONACYT-2006-48782) por la oportunidad de realizar mis estudios de maestría y por permitirme llegar a donde estoy ahora. José Pablo Santos Molina por las fotos proporcionadas y Ángel Godínez Cota (muestreos biológicos), y en general a todos en el CRIP Guaymas porque de alguna manera contribuyeron.

A mi director de tesis Dr. Manuel O. Nevárez Martínez le agradezco el esfuerzo, dedicación, paciencia y confianza hacia el trabajo y mi persona. Gracias por ayudarme a formarme y en gran medida me dio las herramientas. Muchas gracias.

A la Dra. Juana López Martínez le agradezco su amistad, tener una mano amiga y la oportunidad de realizar algunas materias de mis estudios en el CIBNOR.

Agradezco a la Dra. Alma Rosa García Juárez y a Dios por ponérmela en el camino ya que sin su insistencia para ingresar a la maestría y su ayuda no hubiera decidido entrar, gracias Alma porque después de ser mi maestra te convertiste en mi amiga, gracias por los momentos tan lindos que hemos pasado.

A mis maestros Dr. Luis Brito, Dr. Alfredo Arreola, Dra. Juana López, M.C Raúl Molina, M.C. Eloisa Herrera y M.C. Juan Quimbar. De todos aprendí mucho, directa o indirectamente. Les agradezco el tiempo, amistad, esfuerzo y dedicación hacia el trabajo y mi persona. Les pido una disculpa por las molestias. Espero haberles aportado algo.

Al Dr. Rufino Morales Azpeitia por su revisión y comentarios que siempre me apoyo en los seminarios gracias por invitarme.

A mis sinodales, Dr. Emilio Peña Messina, Dr. José Nieto Navarro, Dr. Javier Marcial de Jesús Ruiz Velazco Arce y Dr. Heriberto Santana, por su apoyo en cada seminario, por creer en mí.

Al Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata, gracias por ayudarme en el artículo, como también en instruirme en el camino de la ciencias, por la perspectiva que tengo ahora. Gracias por invitarme a los cursos del Dr. Seijo y del Dr. Sumaila por que conocí a dos seres humanos maravillosos.

A todas las personas que hicieron agradable y rápidos los trámites administrativos, Rosa Esthela Fermín y María Elena (gracias por su paciencia). No olvido al Dr. Diego García coordinador del posgrado por su disposición.

# Índice

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
1. Introducción.....	1
2. Objetivos e Hipótesis.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos particulares.....	4
3. Revisión de literatura.....	5
3.1 Aspectos biológicos.....	5
3.2 Historia de la pesca.....	6
3.3 Área de estudio.....	8
3.3.1 Fisiografía de la zona.....	8
3.3.2 Clima e Información meteorológica básica.....	9
3.3.3 Zoogeografía.....	10
3.4 Arte de pesca para la captura de los pelágicos menores.....	11
3.5 Indicadores económicos.....	12
3.6 Estudios notables.....	14
4. Materiales y Métodos.....	17
4.1 Información biológica y de captura.....	17
4.2 Análisis estructurado por edad.....	19
4.3 Análisis económico financiero.....	22
4.4 Modelo bioeconómico.....	25
4.4.1 Submodelo biológico.....	25
4.4.2 Submodelo económico.....	26
4.5 Esfuerzo en Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), Máximo Rendimiento Económico (MRE) y en Equilibrio Bioeconómico (EBE)	27
5. Resultados.....	30
5.1 Aspectos biológicos.....	30
5.2 Aspectos económicos.....	34
5.3 Modelo Bioeconómico de Gordon-Schaefer.....	39
6. Discusión.....	46
7. Conclusiones.....	51
9. Literatura citada.....	5*



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Representación de los pelágicos menores.....	7
<b>Figura 2.</b> Áreas de pesca en Sonora.....	8
<b>Figura 3.</b> Representación de la pesca mediante el arte de cerco.....	12
<b>Figura 4.</b> Series de tiempo de reclutamiento (Rt), la abundancia de adultos (Nd) y la abundancia total (Nt) de sardina monterrey del Golfo de California...31	
<b>Figura 5.</b> Series de tiempo de biomasa de reclutas (Br), la biomasa de adultos (Bd) y la biomasa total (BT) de sardina monterrey del Golfo de California.....	32
<b>Figura 6.</b> Tasas de mortalidad por pesca ( $F_{anual}$ ) y tasa de explotación anual ( $E_{anual}$ ) obtenidas con el Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP) para la sardina monterrey ( <i>Sardinops sagax caeruleus</i> ) del Golfo de California.....	33
<b>Figura 7.</b> Series de tiempo de capturas comerciales y esfuerzo de pesca (viajes) en la pesquería de sardina monterrey del Golfo de California.....	33
<b>Figura 8.</b> Curvas de Costos Totales (CT) e Ingresos Totales Sostenibles (ITS) y dinámicos del modelo bioeconómico de Gordon-Schaefer como una función del esfuerzo pesquero.....	40
<b>Figura 9.</b> Biomasa en equilibrio en función del esfuerzo pesquero aplicado, en la sardina del Golfo de California.....	41
<b>Figura 10.</b> Dinámica de las capturas de sardina en el tiempo.....	41
<b>Figura 11.</b> Capturas (dinámicos y equilibrio) en función del esfuerzo pesquero de la pesquería de sardina del Golfo de California.....	42
<b>Figura 12.</b> Curvas de utilidad o ganancias en la pesquería de sardina del Golfo de California en función del esfuerzo pesquero.....	43
<b>Figura 13.</b> Comportamiento de los indicadores financieros a lo largo del tiempo.....	43
<b>Figura 14.</b> Utilidades calculadas de la flota cerquera de pelágicos menores del Golfo de California con subsidio (A) y sin subsidio (B) al diesel marino.....	44

## Índice de tablas

<b>Tabla I.</b> Puntos de referencia Bioeconómico.....	29
<b>Tabla II.</b> Datos financieros de los barcos, proporcionados por las empresas pesqueras de Guaymas y Yavaros, Sonora.....	35
<b>Tabla III.</b> Captura de los datos asociados a los costos fijos, variables, la producción y las características de los barcos pesqueros.....	36
<b>Tabla IV.</b> Caracterización de la flota cerquera de pelágicos menores de Sonora, en términos de su capacidad de acarreo (almacenamiento).....	37
<b>Tabla V.</b> Estructura de costos de la flota cerquera de pelágicos menores en Sonora.....	37
<b>Tabla VI.</b> Comparación del margen de utilidad con o sin subsidio, en la flota cerquera de pelágicos menores de Sonora.....	38
<b>Tabla VII.</b> Puntos de referencia para el manejo de la pesquería de sardina monterrey del Golfo de California derivados del análisis bioeconómico, .....	45

## RESUMEN

En México las pesquerías de peces pelágicos menores (*Sardinops sagax caeruleus*, *Opisthonema libertate*, *O. medirastre*, *O. bulleri*, *Scomber japonicus*, *Etrumeus teres*, *Cefengraulis mysticetus* y *Engraulis mordax*) representan más del 35% del total anual desembarcado. Para evitar que las pesquerías ingresen a un estado de sobreexplotación se requieren controles definidos con base en criterios biológicos y económicos. En este trabajo, se evalúa el estatus de la pesquería comercial de sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) del Golfo de California utilizando un modelo bioeconómico para la temporada de pesca 1971, 1972 hasta 2008, 2009. Se tuvo acceso a datos de 17 barcos sardineros cerqueros de la flota comercial de Sonora y se estimó su desempeño económico promedio en términos de su capacidad de bodega. La biomasa de sardina mostró un máximo a mediados de la década de 1980, seguida por una caída a principios de la década de 1990, hasta alcanzar un nuevo máximo de 2.73 millones de toneladas en las temporadas 2007 a 2008. La tasa de explotación, se ha mantenido en niveles adecuados ( $F < 0.25/\text{año}$ ) para esta especie. Se estimó que el nivel de esfuerzo para alcanzar el máximo rendimiento sostenido (425 000 t) es de 8 469 viajes de pesca, mientras que el máximo rendimiento económico (361 141 t) se alcanza con 5 186 viajes. Por otro lado, los análisis indicaron que las utilidades anuales promedio de la flota pesquera varían entre 878,990.81 y 1'397,745.19 pesos con subsidio al diesel marino, y entre 795,725.58 y 1'296,016.80 pesos sin subsidio. Los barcos con el mejor desempeño económico son de 220 t de capacidad de bodega. En el periodo analizado el esfuerzo de pesca no ha rebasado los 4 000 viajes con sardina Monterrey, por lo que se concluye que la pesquería está en un nivel adecuado de explotación.

## ABSTRACT

Fisheries of small pelagics (*Sardinops sagax caeruleus*, *Opisthonema libertate*, *O. medirastre*, *O. bulleri*, *Scomber japonicus*, *Etrumeus teras*, *Cetangraulis mysticetus* y *Engraulis mordax*) in Mexico it represents at least 35% of total annual landings. To avoid that fisheries entering in an overexploited phase, management controls based on biological and economic criteria need to be implemented. This work evaluates the status of the Gulf of California Pacific sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) commercial fishery using a bioeconomic model for the 1971, 1972 to 2008, 2009 fishing seasons. Average economic performance of the sardine fleet of Sonora with respect to their holding capacity was assessed using information of 17 purse seiners. Pacific sardine biomass steadily increased up to the mid 1980's, fell at the beginning of the following decade then peaked at 2.73 million metric tons (MT) in the 2007, 2008 season. The exploitation rate has remained at levels considered appropriate ( $F < 0.25/y$ ) for these species. Fishing effort corresponding to maximum sustained yield (425 000 MT) was estimated to be 8 469 fishing trips, while maximum economic yield (361 141 MT) will theoretically be reached with 5 188 trips. Our analyses further indicated that mean annual profits of the fishing fleet varied between \$878,990.81 (66,894.28 USD) and \$1'397,745.19 (106,373.30 USD) with diesel subsidy, and between \$795,725.58 (60,557.50 USD) and \$1'296,016.88 (98,631.42 USD) without subsidy. Fishing vessels of 220 MT holding capacity had the best economic performance. Fishing effort has not exceeded 4 000 trips with Pacific sardine over the period analyzed, which led to the conclusion that the fishery is in an adequate level of exploitation.

**Key words:** Pacific sardine, Gulf of California, bioeconomics

## 1. Introducción

Las capturas totales de las pesquerías en México, se encuentran en el orden de los 1.3 a 1.5 millones de toneladas, y las pesquerías de pelágicos menores (sardina, anchoveta, macarela y afines) representan aproximadamente entre el 37% y 44% en términos de peso desembarcado (Anónimo, 2005, 2009).

Como recurso pesquero, estas poblaciones son fuente importante de proteína de buena calidad para consumo humano directo y como materia prima para la producción de alimento balanceado para la industria avícola y porcina, así como carnada para la pesca comercial, deportiva y artesanal. Asimismo, estas pesquerías son una importante actividad generadora de empleo en la región del noroeste de México (Cisneros-Mata et al., 1995; Lluch-Belda et al., 1995; Anónimo 2005; Nevárez- Martínez et al., 2001, 2006). Se estima en alrededor de 5,000 los empleos directos que genera esta pesquería y en una cantidad similar los indirectos (Nevárez- Martínez et al., 2006).

El valor de las varias especies de sardina, anchoveta y macarela respecto del total nacional, promedio 1.5% entre 1990 y 1995. Sin embargo, entre 2001 y 2003 el valor (a precio de primera mano) de esta pesquería fue ligeramente superior al 2.0%. Si se considera lo anterior, más el valor agregado por su proceso industrial (enlatado, harina y aceite de pescado), el valor es cercano al 10% (Nevárez- Martínez et al., 2006).

Esta población también tiene un importante papel ecológico en el sistema marino, ya que la mayoría forma cardúmenes que se alimentan de plancton. Son eslabones importantes de la cadena trófica, puesto que son alimento para

peces, mamíferos marinos, calamares y aves marinas (Ehrhardt 1991; Velarde 1994; López-Martínez et al., 1999).

La pesquería de pelágicos menores como recurso ha adquirido una gran relevancia en los últimos años desde el punto de vista económico y social, ya que sostiene una considerable flota e industria que la convierten en una importante fuente generadora de empleo (Cisneros-Mata et al., 1995; Lluch-Belda et al., 1995; Nevárez- Martínez et al., 2001, 2006). Los fuertes cambios de distribución geográfica y abundancia de los pelágicos menores han marcado la pauta en el desarrollo de sus pesquerías. La escasez de sardina monterrey en el puerto de Ensenada motivó el desarrollo de la pesquería en el Golfo de California; ahí la pesca de sardina inició en 1967 con Guaymas como puerto base. La caída y recuperación de la biomasa de sardina en el Océano Pacífico en los últimos 60 años ha sido un tema de debate. Se desconoce con precisión el efecto del esfuerzo pesquero y el ambiente en estos cambios, aunque se reconoce la gran influencia que el ambiente tiene sobre estas especies (Cisneros-Mata et al., 1995; Lluch-Belda et al., 1995; Nevárez- Martínez et al., 2001, 2006).

La pesca de pelágicos menores en el Golfo de California es uno de los más importantes en términos de cantidad desembarcada. Esta pesquería se sustenta en una variedad de los diferentes grupos taxonómicos, que incluyen a la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*), a la sardina crinuda, que incluye a tres especies (*Opisthonema libértate*, *O. medirastra*, y *O. bulleri*), macarela (*Scomber japonicus*), sardina japonesa (*Etrumeus teres*), bocona (*Cetengraulis mysticetus*) y la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) (Cisneros-Mata et al., 1991, 1995; Lluch-Belda et al., 1995; Nevárez- Martínez et al.,

2001, 2006). De este conjunto de especies la población importante es la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*), por aportar 85% volumen; su puerto principal es Guaymas, Sonora, en donde se encuentran la mayoría de las plantas de transformación.

Las investigaciones han encontrado que el reclutamiento de esta especie está posiblemente relacionado con la variabilidad ambiental (Lluch-Belda et al., 1995) y al reclutamiento denso-dependiente de la especie (Cisneros-Mata et al., 1995, 1996). Acorde a esta variabilidad ambiental y su repercusión en la abundancia en las especies de pelágicos menores, se han realizado evaluaciones del rendimiento de sardina monterrey (Nevárez-Martínez et al., 1997) con la influencia de fenómenos oceanográficos tales como El Niño y La Niña (Cisneros-Mata et al., 1997; Martínez- Zavala et al., 2000).

La sobreexplotación de los recursos y la sobrecapitalización de la industria pueden causar importantes pérdidas económicas, especialmente en las pesquerías de alta productividad (FAO, 1993). La regulación de una pesquería considerando sólo el rendimiento máximo sostenible puede ser inadecuada, ya que utiliza sólo criterios biológicos (Barber y Taylor, 1990). Para representar la dinámica del esfuerzo pesquero, hay que tener en cuenta criterios adicionales, tales como el costo de la pesca y los beneficios de la flota correspondiente "De Anda y Seijo (1999 a)". Se ha planteado la conveniencia de considerar cómo las diferentes estrategias de gestión pueden afectar a la captura, la biomasa, los ingresos de la producción pesquera e industrial, los pescadores y los empleo directos "De Anda y Seijo (1999 b)". El Modelo dinámico bioeconómico, es una robusta aproximación para la exploración en buena parte, de la gestión de las estrategias de los recursos marinos renovables (Seijo et al., 1997).



Hasta ahora, son escasos los estudios de la sardina del Pacífico que se han concentrado en los factores biológicos, sin tener en cuenta los aspectos económicos que determinan su explotación ("De Anda y Seijo, 1999 c").

Considerando todo lo anterior, en este trabajo se plantea analizar la pesquería de pelágicos menores con el modelo de Gordon-Schaefer para describir la relación entre datos de captura y esfuerzo de Guaymas, Sonora que integran los factores biológicos y económicos.

## 2. Objetivos

### 2.1 General

Realizar un análisis bioeconómico de la pesquería de pelágicos menores en Sonora.

### 2.2 Particulares

- Determinar la estructura de costos de la flota: capital, inversión anual, costo anual, organización técnica de la flota, mercado, que influye en esta pesquería.
- Desarrollar un modelo bioeconómico que relacione los factores económicos y biológicos de esta pesquería.
- Obtener diferentes escenarios de simulación del modelo bioeconómico para tomar decisiones para el manejo sustentable de la pesquería de pelágicos menores.

### Hipótesis

Los componentes biológicos y económicos incorporados en un modelo bioeconómico permitirá definir el manejo de la pesquería de pelágicos menores

### 3. Revisión de literatura

#### 3.1 Aspectos biológicos

Los pelágicos menores son peces que alcanzan longitudes entre los 10 y 40 cm y tienen un ciclo de vida corto. Suelen habitar en zonas costeras de alta productividad biológica y se alimentan de fitoplancton y de zooplancton (López-Martínez et al., 1999; Nevárez-Martínez et al., 2006). La sardina es omnívora, aunque se ha encontrado que muestra preferencia por el fitoplancton (Kawasaki, 1983). Es alimento para organismos carnívoros (peces, mamíferos marinos y calamares) y aves marinas (Romero-Ibarra 1988; Ehrhardt, 1991; Jacob-Cervantes et al., 1992; Molina-Ocampo et al., 1996; Velarde, 1994; López-Martínez et al., 1999; Cotero 2000). Además realizan migraciones estacionales para reproducción y alimentación, los pelágicos menores experimentan fuertes cambios de abundancia relacionados al ambiente, lo que da lugar a los denominados "cambios de régimen" (Lluch-Belda et al., 1989, 1991, 1995; Schwartzlose et al., 1999).

La distribución geográfica de esta especie es muy amplia, aunque discontinua y segregada en 2 o 3 sub-poblaciones o stocks (Radovich, 1982). La sardina monterrey habita desde Alaska hasta el Golfo de California y en los años fríos se extiende hasta las costas de Mazatlán, Sinaloa (Miller y Lea, 1972; Whitehead, 1985; Lluch-Belda et al. 1995). Esta distribución de los peces pelágicos menores responde a una combinación de factores bióticos y abióticos. Se ha propuesto que en el caso de sardina monterrey, existen dos centros de distribución.

- En el Golfo de California, alrededor de las grandes islas.
- Al oeste de la península de Baja California, en Punta Eugenia.

A partir de esos centros las sub-poblaciones de sardina se expanden y se contraen obedeciendo señales ambientales desconocidas (Lluch-Belda et al., 1995).

La época reproductiva de los peces pelágicos menores es variable. Además, por la maduración asincrónica de los ovocitos, estas especies realizan desoves múltiples: en la época de reproducción la sardina puede desovar cada 15 días (Macewicz et al., 1996)

La sardina monterrey del Golfo de California se reproduce en otoño-invierno (Nevárez-Martínez 1990), presentándose un breve desove atípico, a finales de la primavera en algunos años (Cisneros-Mata et al., 1988). En esta área, la sardina monterrey desova principalmente en la costa de Sonora, aunque se pueden encontrar huevos en toda la zona central del Golfo (Nevárez-Martínez 1990; Hammann et al., 1998)

La talla de primera reproducción para sardina monterrey (aquella a partir de la cual 50% o más de los organismos están en la etapa de reproducción) varía latitudinalmente, con las mayores tallas en Ensenada Baja California y las menores en el Golfo de California, con importantes variaciones interanuales (Cisneros-Mata et al., 1987; Nevárez-Martínez 2004, 2006).

La longitud promedio de captura de la sardina y anchoveta fluctúa también latitudinalmente como interanualmente (Nevárez-Martínez et al., 2004, 2006), dependiendo de las variaciones interanuales de la magnitud del reclutamiento.

### **3.2 Historia de la pesca**

La pesquería de sardina en México inició durante el otoño de la pesquería de sardina de California, EE.UU., durante la década de 1940's (Baumgarther et

al., 1992). En ese momento, la pesquería se presentaba entre Ensenada e Isla de Cedros, pero durante la década de 1950's, la pesca se amplió hacia el sur hasta Bahía Magdalena (Butler et al., 1987). Durante finales de los años 1960's los desembarques de sardina del Pacífico disminuyeron, y plantas de harina y de conservas se instalaron en Guaymas, Sonora, en el Golfo de California, donde el recurso sardina era abundante (Cisneros-Mata et al., 1995). Desde entonces, Guaymas ha sido el puerto principal de la pesca de sardina en México (Lluch-Belda et al., 1986; Cisneros-Mata et al., 1987, 1995). En Sonora la captura total de pelágicos menores, compuesta por varias especies, la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*), a la sardina crinuda, que incluye a tres especies (*Opisthonema libértate*, *O. medirastre*, y *O. bulleri*), macarela (*Scomber japonicus*), sardina japonesa (*Etrumeus teres*), bocona (*Cetengraulis mysticetus*) y la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) (Fig. 1) (Cisneros-Mata et al., 1991, 1995; Lluch-Belda et al., 1995; Nevárez- Martínez et al., 2001, 2006), ha fluctuado en los últimos 60 años (Clark y Marr 1955, Radovich 1982). Se desconoce con precisión el efecto del esfuerzo pesquero y del ambiente en estos cambios (Wolf 1992; Cisneros-Mata et al., 1995).



Figura 1. Representación de los pelágicos menores (Imagen tomada XVI Reunión anual del comité técnico de Pelágicos Menores, 2008)

### 3.3 Área de estudio

El Golfo de California puede ser considerado como un laboratorio natural; éste se ha dividido en diferentes regiones topográficas asociadas a cuencas oceánicas individuales (De la Laza- Espino, 1999).

Es un mar marginal de 1000 por 100-150 km, limitado por la península de Baja California al oeste y el continente americano (estados mexicanos de Sonora y Sinaloa) al este, y comunicado abiertamente al Océano Pacífico hacia al sur (Roden, 1964)



Figura 2. Se indican sus dos principales descargas de pelágicos menores en Sonora: Yavaros y Guaymas.

#### 3.3.1 Fisiografía de la zona

Geológicamente el Golfo de California se formó por la expansión de Zonas de falla. En la literatura el Golfo se ha dividido en dos mitades a la altura de sus

dos grandes islas centrales: Tiburón y Ángel de la Guarda. El tercio norte es somero, mayoritariamente plataforma continental, mientras que los otros dos tercios están formados por una cadena de cuencas, que se incrementan en profundidad hacia el sur. El canal de Ballenas, entre la Isla Ángel de la Guarda y Baja California, presenta un umbral somero (450 m). Las cuencas de la boca del Golfo alcanzan 3 000 m de profundidad y están separadas por umbrales transversos de hasta 1 500 m de profundidad, por lo que existe un contacto abierto con el Pacífico adyacente (Roden, 1954).

En la costa occidental la plataforma continental es rocosa y estrecha; en la costa oriental es más ancha, con numerosas lagunas costeras al sur (Álvarez-Borrego, 1983). La cuenca de Guaymas, situada en el centro del Golfo de California, es la más extensa y la más norteña de las grandes cuencas, cubriendo un área de 240 por 60 km. y con una profundidad máxima de cerca de 2,100 m, con un relieve bajo el umbral de sólo 480 m (Roden, 1954).

### 3.3.2 Clima e información meteorológica básica

El Golfo de California ofrece un medio ambiente con temperaturas externas, altas evaporación y condiciones generales de aridez. El tipo de clima predominante, de acuerdo con la clasificación de Köppen (1964) modificado por García (1994), corresponde al BW (h) hw (x'), es decir, muy árido, cálido con régimen de lluvias de verano, extremos con oscilaciones térmicas diurnas entre  $7$  y  $14^{\circ}\text{C}$  de temperatura, con un promedio mensual de oscilación de  $12^{\circ}\text{C}$ .

En el verano usualmente se presenta algunas lluvias de mediana duración y de baja intensidad, mientras que en el invierno, pueden presentarse lluvias esporádicas de baja intensidad y corta duración. El régimen pluvial se -

caracteriza por presentar el estiaje entre los meses de febrero a junio y el periodo de lluvias de verano de agosto a septiembre. La precipitación media anual es del orden de 190 mm con promedio mensual de 16 mm.

La temperatura media anual se ubica entre los 23 °C aproximadamente, en tanto que la mínima promedio es de 9 °C y se presenta durante enero y, la temperatura promedio máxima es de 37.5 °C y se registra durante agosto y septiembre.

El hecho de estar rodeado por el desierto de Sonora hace del Golfo de California la única cuenca evaporítica del Pacífico, comparable al Mediterráneo o al Mar Rojo. Sin embargo, a diferencia del sistema termohalino observado en estos mares, el Golfo de California gana calor de la atmósfera y pierde humedad (Lavin, 1997).

El campo de vientos sobre el Golfo de California es de naturaleza monzónica, con vientos del noroeste durante el invierno (noviembre- mayo) y del sur o sureste en verano (junio- septiembre). Algunos autores como Nevárez-Martínez (2001), Lluch-Belda (1995), Cisneros-Mata (1996), Santos-Molina (1996), Martínez-Zavala (2000), y Lluch-Cota (2007) reportan que los vientos son más intensos durante el invierno.

### **3.3.3 Zoogeografía**

La composición específica de los peces y moluscos indica claramente que el Golfo de California pertenece a la provincia panámica (Walker, 1960). La fauna mesogeográfica está compuesta en su mayoría por formas tropicales y es pobre en diversidad, especialmente hacia el norte dominada fuertemente por el mictófilo *Triphoturus mexicanus*. Esta menor diversidad en comparación con el Pacífico tropical adyacente puede deberse a los cambios drásticos de

temperatura y salinidad superficiales en el Golfo, sin embargo, en zonas profundas del Golfo de California, Lluch-Cota et al. (2007) encontraron que la diferencia se debe a la concentración mínima de oxígeno del agua y añaden que la mayor parte de las especies abundantes en el golfo se adaptan a él evitándola (Hendrickx, 2001) al distribuirse por encima de los 400 m; la mayor parte de la comunidad de peces mesopelágicos del Golfo de California se encuentra en los 100 m sobre la isoterma de 10 °C. Sin embargo, autores como Graslé (1989) y Grant (2000) sugieren que la diversidad es alta en aguas profundas de los océanos; además, existe el argumento que los altos valores de diversidad y riqueza específica son el efecto de la interacción de competencia y depredación. No obstante, la diversidad varía según los tipos de sedimentos, ya que de ellos depende la disponibilidad de alimento que es determinante en la existencia de una capa en la columna de agua más allá de los 200 m de profundidad dentro del Golfo de California, en donde disminuye drásticamente la concentración del oxígeno disuelto en el agua hasta  $0.2 \text{ mg L}^{-1}$  limitando la presencia de especies (Gage y Tyler, 1991).

#### **3.4 Arte de pesca para la captura de los pelágicos menores**

Reporta que la pesca de sardina en la zona se realiza mediante una red de cerco de 250-270 metros de longitud, por 30-60 metros de profundidad, construida con paño de luz de malla de 1.125 plg. (2.86 cm). La pesca se realiza durante las noches oscuras (10 días antes y después de la luna nueva), ya que la detección visual del cardumen es más sencilla, debido a que el movimiento de los peces cerca de superficie tiene un efecto luminiscente bastante complejo (Hernández-Vázquez, 1983). Actualmente también se utiliza



la detección hidroacústica mediante el uso de ecosondas comerciales, siendo este método más utilizado cuando se pesca de día o en noches iluminadas (Hernández-Vázquez, 1983; Félix-Uraga, 1986). Para la captura del cardumen se libera un bote llamado pangón con un extremo de la red, el cual gira alrededor de éste o en otras ocasiones se mantiene inmóvil, siendo el barco el que sigue en marcha hasta completar el círculo y encerrar completamente al cardumen (Fig. 3). Esta maniobra dura entre 40 minutos y 2 horas, dependiendo del tamaño del mismo. Normalmente la duración del viaje no se extiende más de 24 horas, teniendo como factores limitantes: el tamaño de la bodega, la cantidad de combustible, víveres y la distancia a recorrer. La pesca se realiza en su mayoría dentro de la Bahía (Hernández-Vázquez, 1983).

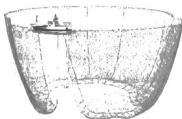


Figura 3. Representación de la pesca mediante el arte de cerco.

(Ilustración tomada y modificada de FAO, 2005).

### 3.5 Indicadores Económicos

Los desembarques anuales de la sardina monterrey muestran cinco periodos en el Golfo de California: (1) de exploración y establecimiento, 1969-1970-1975-1976, (2) de desarrollo y crecimiento, 1975/1977-1981/1982, (3) de expansión y estabilización, 1982/1983-1988/1989, (4) de disminución, 1989-

1990-1993 (Cisneros-Mata et al. 1995), y (5) de recuperación, desde 1993,1994 a la fecha (Nevárez-Martínez et al., 2006).

En Sonora la flota cerquera aumento de tres barcos a finales de los setenta y oficialmente 23 barcos en la temporada 1969,1970 (Sokolov y Wong, 1973), hasta un máximo de 77 barcos en 1990, donde la flota activa se redujo a 32 barcos en 1993, después del desplome de las capturas, entre 1991-1993, de la sardina monterrey (Cisneros-Mata et al., 1995,1996a; Nevárez-Martínez et al., 1997) con una embarcaciones en operación entre 30-32 barcos en Golfo de California (Nevárez-Martínez et al., 2006).

La pesquería de pelágicos menores en el Golfo de California es uno de los más importantes en términos de la cantidad peso desembarcado y los ingresos generados. En Sonora, la captura de pelágicos menores ha fluctuado de acuerdo con la abundancia de sardina monterrey. En los años setenta y ochenta, las descargas de esa especie crecieron de 11 500 t hasta un record de 294 000 t en 1988 y 1989. Después hubo una rápida declinación hasta casi 7,000 t en las temporadas 1991,1992 y 1992,1993 (Cisneros-Mata et al., 1995; Nevárez-Martínez et al., 2001). Las capturas aumentaron nuevamente hasta 215 000 t en 1996-1997, pero debido a los fenómenos El Niño y La Niña, disminuyeron de nuevo a niveles de 55 000 t entre 1997,1998 a 1999,2000 (Martínez Zevala et al., 2000). Entre 2000, 2001 y 2002,2003 las capturas de esta especie se incrementaron de nuevo a 203 000 t (Nevárez-Martínez et al., 2006).

En la pesquería de pelágicos menores, las capturas totales se destinan básicamente a dos procesos al enlatado para consumo humano directo (15%) y a la elaboración de harina y aceite de pescado (84%), la cual es la materia

prima para la elaboración de alimentos balanceados para aves, ganado y animales acuáticos (p.ej., la camaronicultura) Wong (1999). Una mínima fracción de la captura se comercializa fresco congelado (1%) (Nevárez-Martínez et al., 2004, 2006), aunque este rubro tiende a crecer, por la demanda de los "ranchos" atuneros.

Es de gran importancia para la economía de los mexicanos, ya que da trabajo a un número considerable de personas en la región del noroeste de México (Gómez- Muñoz et al., 1990; Cisneros- Mata et al., 1995; Lluch-Belda et al., 1995; Anónimo, 2005; Nevárez- Martínez et al., 2001; Gluyas-Millán et al., 2005). Se estima en alrededor de 5,000 los empleos directos que genera esta pesquería y en una cantidad similar los indirectos (Nevárez- Martínez et al., 2006). Además, la industria produce alimentos de bajo costo para grandes sectores de la población.

### **3.6 Estudios notables**

La pesquería de sardina y la tendencia de la población, para el periodo de 1969 a 1990, fueron examinadas con un Análisis de Población Virtual (VPA), basado en frecuencias de tallas convertidas a edades. Ellos utilizaron el modelo de Schaefer para describir la relación entre datos de captura y esfuerzo de Guaymas, Sonora. Además, con los resultados del VPA y de la relación peso-talla, se construyó una serie de tiempo de las estimaciones de biomasa de la población de sardina monterrey (Cisneros-Mata et al., 1995).

Cisneros-Mata et al., (1996), utilizaron un modelo determinístico estructurado por edad, en el que la dinámica de la población de sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*), en el Golfo de California, se ve afectada por la

estructura de edad, la pesca, el forzamiento ambiental y el reclutamiento denso-dependiente. Este último tuvo un fuerte efecto en la dinámica de población y causó ciclos de abundancia en periodos de 4-5 años. Un incremento lineal en la mortalidad por pesca en un periodo de 25 años, asociado a forzamiento ambiental, causó fuertes reducciones en la abundancia, las cuales se extendieron hasta por 20 años y oscilaciones de mesoescala hasta de 40 años después del periodo de captura. El impacto negativo fue más largo si la captura comienza cuando la tasa de supervivencia estaba en su máximo, pero la biomasa disminuyó más cuando la captura empezó en el nodo descendente de la tasa de supervivencia. El análisis de estabilidad indicó que la población de sardina en el Golfo de California es inestable, sin embargo, cuando la estructura de edades es incluido en las simulaciones del stock este es muy resistente y puede recuperarse de niveles bajos de biomasa.

Seijo (2010) menciona que la política de gestión, conocida como de acceso abierto, se caracteriza por (1) sin restricciones el acceso al recurso para todos aquellos que tienen interés en su uso, e (2) interacciones adversas entre los usuarios de los ecosistemas. También destaca, que la sobreexplotación de un recurso y la sobrecapitalización de la industria pueden causar importante pérdidas económicas, especialmente en las pesquerías de alta productividad.

La regulación de la pesca teniendo en cuenta únicamente el máximo rendimiento sostenible puede ser inadecuada, ya que utiliza sólo criterios biológicos (De Anda y Seijo, 1999). Para representar la dinámica del esfuerzo, se deben tener en cuenta criterios adicionales, tales como el costo del esfuerzo pesquero y los beneficios correspondientes (Anderson et al., 1977). Es conveniente considerar cómo las diferentes estrategias de gestión pueden

afectar a la captura, la biomasa, los ingresos de los pescadores artesanales e industriales, el empleo directo y el cambio de divisas (Seijo et al., 1997).

Los modelos bioeconómicos dinámicos son una robusta aproximación para explorar un gran número de estrategias de gestión de los recursos marinos renovables (Seijo 1986; Seijo et al., 1997).

La pesquería de la sardina monterrey se analizó utilizando un modelo estocástico-dinámico, que integró tanto los aspectos biológicos como económicos (De Anda y Seijo 1999). El reclutamiento estacional fue modelado con el método de distribución con retraso. La dinámica de la flota fue modelada con la función de Smith para representar retrasos de tiempo en procesos de entrada-salida. El comportamiento de las variables tales como la biomasa, rendimiento de la pesquería, el esfuerzo y el rendimiento económico neto, ofrecieron evaluaciones robustas del comportamiento en el tiempo, mostrando un recurso sobreexplotado y un exceso de capital de la flota pesquera. Ellos obtuvieron también, el rendimiento económico máximo y el equilibrio económico de la pesquería. De las estrategias de gestión alternativas consideradas, la talla mínima de captura fue la más exitosa, la cual ofreció importantes incrementos en las variables bioeconómicas (De Anda y Seijo, 1999).

Mediante un modelo estocástico estructurado por edad con reclutamiento denso-dependiente se realizó un estudio de la pesquería y la dinámica de la población de sardina (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California para el periodo 1972-1973 a 1989-1990 (Nevárez-Martínez et al., 1999). Para determinar el valor de la mortalidad por pesca ( $F$ ) que corresponde al rendimiento óptimo a largo plazo y la relación costo-beneficio ( $C/B$ ), se

simularon trayectorias de la población pescada durante un periodo de 50 años. Sus resultados indicaron un buen ajuste entre los valores observados y pronosticados del reclutamiento y de la captura anual. También observaron, oscilaciones cuasi periódicas de cinco años para una población no explotada, las cuales se desvanecieron con el aumento de  $F$ . El rendimiento máximo y razón  $C/B$  se obtuvieron con  $F = 0,475$  y  $0,275$ , y la población simulada empezó a disminuir con valores de  $F \geq 0,5$  y  $\geq 0,3$ , respectivamente. Ellos proponen que el valor de  $F < 0,25$  serian adecuado para esta pesquería (Nevárez-Martínez et al., 1999).

#### **4.- Materiales y Métodos**

La información biológica y pesquera con la que se ha trabajado, está concentrada en el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas. Mientras que la información económica, se generó en el contexto de proyecto de investigación "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" financiado por el fondo SAGARPA-CONACYT (clave de registro 48782).

##### **4.1 Información biológica y de captura**

En el presente estudio se analizaron datos de los desembarques desde la temporada de pesca 1971,1972 hasta 2008,2009. Cada temporada de pesca refleja el desplazamiento ontogenético y reproductivo anual de la sardina monterrey, que inicia en octubre y termina en agosto del año siguiente. Además, se analizó información de estadísticas de captura y esfuerzo

pesquero que comprenden desde la temporada 1969,1970 hasta 2008,2009, obtenida de los avisos de arribo de cada viaje de pesca comercial, que fueron facilitados por las Oficinas Federales de Pesca de Guaymas y Huatabampo, Sonora.

Para construir el submodelo biológico (ver más adelante) se utilizaron series de datos provenientes de muestreos masivos de las descargas comerciales realizados por personal del Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas. El tamaño de muestra para medir longitud estándar de los peces (LE) fue de 10 kg por barco/viaje; para los muestreos biológicos (LE, peso, sexo, estadio de desarrollo gonádico), se toma de la muestra una sub-muestra de hasta cinco peces por intervalo de cinco milímetros de largo.

Con los datos obtenidos en cada temporada, se determinaron las distribuciones de frecuencias de tallas y los parámetros de la relación longitud-peso de la sardina monterrey capturada en el Golfo de California. Asimismo para cada temporada de pesca, se estimaron los parámetros de la relación longitud - peso. Con esta información y la captura total en peso, se estimó el total de organismos capturados por intervalos de tallas en cada temporada de pesca.

Con los otolitos recolectados en los muestreos biológicos se determinó la edad; para ello, se utilizó un microscopio estereoscópico con luz reflejada sobre un fondo negro. Al encontrar discrepancias en las dos lecturas realizadas a los otolitos, se realizó una tercera para definir el número total de bandas en el otolito. Las edades de los organismos fueron asignadas con base en los anillos diferenciados; para ello, se inicia, el grupo de edad cero que corresponde a una edad menor de un año. Un anillo está representado por una banda opaca y una hialina o translúcida, las cuales se forman en el transcurso de un año (Félix-

Uraga 1986, Jiménez, 1991 Nevárez-Martínez *et al.*, 1997). Con esta información se elaboraron claves edad – longitud por temporada para calcular el número total de sardinas capturadas por grupo de edad por temporada.

#### 4.2 Análisis estructurado por edad

La matriz de captura por edad fue utilizada para realizar un Análisis de Población Virtual (VPA) o Análisis Secuencial de Población (Gulland, 1966, Garrod, 1981; Megrey, 1989). El método funciona mediante retrocálculo con una solución numérica a partir del grupo de edad más viejo hacia el más joven (reclutas) (Sparre *et al.*, 1998). Este análisis permite estimar la tasa de mortalidad por pesca y el tamaño de la población por grupo de edad (Ricker, 1975; Megrey, 1989).

El modelo con base en la ecuación de supervivencia de organismos de una cohorte en años o edades sucesivas (Ricker, 1975), y la ecuación de captura de Baranov (1918). Esas dos ecuaciones dan la expresión siguiente (ecuación 1) (Gulland, 1965; Megrey, 1989):

$$\frac{N(a+1, y+1)}{C(a, y)} = \frac{[F(a, y) + M] * \exp[-F(a, y) - M]}{F(a, y) [1 - \exp[-F(a, y) - M]]} \quad (1)$$

Si la ecuación de supervivencia se intenta resolver para  $F$  (mortalidad por pesca), se obtendría:

$$F = -\log\left(\frac{N(a+1, y+1)}{N(a, y)}\right) - M \quad (2)$$



Sin embargo, si se substituye la ecuación anterior, por una ecuación que exprese  $N(a,y)$  (número de organismos de edad  $a$  en el año  $y$ ) en función de cantidades conocidas de  $N(a+1,y+1)$ ,  $C(a,y)$  (captura en número de organismos de edad  $a$  en el año  $y$ ) y  $M$  (mortalidad natural), se tendría la siguiente ecuación:

$$C(a,y) = \left[ 1 - \frac{M}{-\log(N(a,y)) - \log(N(a+1,y+1))} \right] * [N(a,y) - N(a+1,y+1)] \quad (3)$$

Esta ecuación es trascendental, es decir, no tiene solución directa. Debe ser resuelta por métodos iterativos (Megrey, 1989; Sparre et al., 1989; Hilborn y Walters, 1992; Darby y Flatman, 1994). Así que, este problema se resuelve proporcionando un estimado de la mortalidad natural y un valor para la mortalidad por pesca de la edad terminal o bien, como se hizo en este trabajo, en lugar de la mortalidad por pesca se utilizó un estimado del número de organismos para el último año y del número de organismos para la edad más vieja en las capturas para cada temporada (Darby y Flatman, 1994; Nevárez-Martínez, 2000).

Al ser una ecuación trascendental se requiere de un procedimiento iterativo para ser resuelta. Así, la función objetivo a ser minimizada en cada paso del procedimiento iterativo se define como sigue en la ecuación 4:

$$f[N(a,y)] = \left[ 1 - \frac{M}{\log(N(a,y)) - \log(N(a+1,y+1))} \right] * [N(a,y) - N(a+1,y+1)] - C(a,y) = 0 \quad (4)$$

El método de Newton-Raphson es uno de varios existentes que pueden ser utilizados para resolver la función objetivo (Hilborn y Walters, 1992; Darby y Flatman, 1994; Nevárez-Martínez, 2000).

Para la estimación histórica del número de organismos y la mortalidad por pesca por edad y año se utilizó el módulo VPA del Software FISHLAB (Darby y Flatman, 1994) desarrollado por el Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Lowestoft, Inglaterra.

De esta forma se calcularon las series de tiempo de reclutamiento ( $R_t$ ), abundancia de reproductores ( $N_r$ ) y abundancia total ( $N_t$ ). Como reclutas se consideraron los estimados del número de organismos del grupo de edad cero para cada temporada de pesca considerada en el análisis. La abundancia de reproductores fue estimada como la suma de organismos desde el grupo de edad uno hasta el más viejo; la abundancia total fue la suma de ambas. La mortalidad natural ( $M$ ) utilizada en el análisis fue de  $M=0.65$  (Nevárez-Martínez, 2000).

Para estimar la mortalidad por pesca por temporada se multiplicó el número de supervivientes a cada grupo de edad por la mortalidad por pesca a la edad correspondiente para cada temporada de pesca. Se sumaron los productos y se dividieron por la suma total de organismos supervivientes de la temporada:

$$F_t = \frac{\sum_y F(a,y) * N(a,y)}{\sum_y N(a,y)} \quad (3)$$

La tasa de explotación por temporada ( $E_y$ ) se estimó como la razón entre  $F_y$  y la suma de  $F_y$  y  $M$ .

#### 4.3 Análisis económico financiero

Para construir indicadores económicos financieros de la flota sardinera de Sonora se ha diseñado un abordaje metodológico con base en la teoría del productor del modelo de competencia perfecta de la economía clásica.

##### Funciones costo – beneficio

La pesca comercial es una actividad económica y por lo tanto debemos saber cómo calcular el beneficio que se puede esperar en una determinada situación.

Sean  $p$  y  $C_f$ , respectivamente, el precio de los peces y los costos por unidad de esfuerzo pesquero.

La curva  $TSR_f$  tiene la misma forma que la curva de rendimiento sostenible, pero ahora el eje vertical se expresa en dinero y no en biomasa del stock.

El costo total sostenible en función del esfuerzo  $TC_f$  se obtiene como sigue:

$$TC_f = C_f * f \quad (6).$$

En donde  $C_f$  es el costo por unidad de esfuerzo, y  $f$  es el esfuerzo que genera un tamaño del stock en equilibrio.

El ingreso total sostenible (STR) en función del tamaño del stock se obtiene multiplicar el precio del pescado ( $p$ ) por la función de crecimiento del stock ( $Y$ ):

$$STR = p \cdot Y \quad (7).$$

El modelo establece que los derivados de la actividad pesquera que son los ingresos netos ( $\pi_t$ ) están en función de los ingresos totales sostenibles (STR<sub>t</sub>) y los costos totales (TC<sub>t</sub>):

$$\pi_t = STR_t - TC_t \quad (8).$$

Donde los beneficios totales sostenibles están en función de los ingresos sostenibles y los costos totales:

$$S\pi = STR - TC_t \quad (9).$$

Para construir las curvas del modelo descrito, se decidió analizar los estados financieros de las diferentes empresas dedicadas a la captura de pelágicos menores en el Golfo de California durante la temporada de pesca 2008, los resultados obtenidos se cruzaron con la producción por evento de pesca para obtener información sobre costos e ingresos.

Se generó un modelo que se ajustó al comportamiento de los costos e ingresos marginales. Para tal fin se consideró como unidad de esfuerzo el viaje de pesca. Los datos que mostraron los estados financieros fueron acomodados en función con los viajes de pesca registrados.

Los datos obtenidos se capturaron en Excel donde se especificaron los diferentes costos variables y fijos en que incurre una embarcación al navegar:

- Sueldos por producción.
- Combustible (diésel).
- Lubricantes
- Provisión y alimentos.
- Red y equipo de pesca
- Mantenimiento y reparación de máquina
- Conservación y mantenimiento de embarcación.
- Sistema eléctrico.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema hidráulico.
- Sistema electrónico.
- Mantenimiento y reparación de pango.
- Gastos administrativos.

De igual manera, se aclarar que los cálculos se realizaron con base en el costo por litro de diésel a 6.68 pesos sin subsidio y 4.68 con subsidio que es el promedio de precio del combustible registrado por PEMEX en 2008; además se utilizó un precio de venta de la sardina de 750 pesos por tonelada; ese valor fue proporcionado por los distintos administradores de las empresas pesqueras entrevistados.

#### 4.4 Modelo Bioeconómico

Para analizar el conjunto de factores biológicos y económicos del comportamiento de la pesquería de pelágicos menores, se utilizó el modelo bioeconómico de Gordon-Schaefer (Seijo et al., 1997), el cual permitió simular dos escenarios para analizar el comportamiento de variables relevantes, tanto biológicas como económicas.

##### 4.4.1 Submodelo biológico

Este Submodelo (Ec. 10), permite predecir la biomasa remanente del stock como resultado de la captura ( $C_t$ ), el excedente productivo de crecimiento (segundo término) y la biomasa previa ( $B_t$ ). El excedente productivo es a su vez función de la biomasa y de dos parámetros de la población: la tasa intrínseca  $r$  y el tamaño del stock inexplorado en equilibrio o capacidad de carga del ecosistema  $K$ . Para la captura (Ec. 11), se asume que es proporcional a la biomasa  $B$  y esfuerzo de pesca  $E$ , a través del coeficiente de capturabilidad  $q$ . (Seijo et al., 1997).

$$B_{t+1} = B_t + r * B_t * \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t \quad (10).$$

$$C_t = q * E_t * B_t \quad (11).$$

La combinación de las ecuaciones (10) y (11), el modelo se reduce a

$$C_t = q * K * E_t * \left(1 - \frac{q * E_t}{r}\right) \quad (12).$$

A partir de la ecuación (12) los parámetros  $K$  y  $r$ , se estiman mediante mínimos cuadrados lineales.

Por otro lado, al remplazar la ecuación (11) en la (12), podemos simular la biomasa sustentable (i.e. *en equilibrio*) como función del esfuerzo (Seijo *et al.*, 1997):

$$B_t = \left(1 - \frac{q * E_t}{r}\right) * K \quad (13)$$

#### 4.4.2 Submodelo económico

La función de ingresos netos ( $\Pi$ , Ec. 14) en una pesquería de acceso abierto puede expresarse como la diferencia entre los ingresos totales sostenibles ( $I_{TS}$ ) y los costos totales ( $CT$ ), que son funciones de la captura ( $C$ ) y esfuerzo ( $E$ ) respectivamente (Gordon, 1954).

$$\Pi = I_{TS} - CT = p * C - a * E \quad (14).$$

Donde  $p$  es el precio de la captura unitaria (\$/t) y  $a$  es el costo unitario del esfuerzo (\$/VPT). Para el modelado de la captura en términos económicos y los costos totales en equilibrio, se utilizó la ecuación (12) y los datos de esfuerzo son los viajes de pesca de la flota comercial.

El factor primordial en la elección de los datos que se han de recopilar es el vínculo entre los indicadores necesarios, tanto operativos como biológicos, económicos y socioculturales, y las variables asociadas a los mismos. El modo en que se recogieron los datos de las distintas variables se ajustaron a la estructura de la pesquería de pelágicos menores.

Una vez determinado el modelo Gordon-Schaefer (G-S) para la pesquería, se calcularon los puntos de referencia bioeconómicos de interés para la administración de una pesquería (Tabla 1).

#### **4.5 Esfuerzo en máximo rendimiento sostenible (MRS), máximo rendimiento económico (MRE) y en equilibrio bioeconómico (EBE)**

La misma cantidad de esfuerzo generará más captura si el tamaño del stock es más grande, y viceversa. Esta función de producción indica cuánto se captura en el corto plazo y es razonable, porque los pescadores toman decisiones en el presente, independientemente de si el stock está o no en equilibrio. Sin embargo, además del corto plazo, a nosotros nos interesa qué ocurre con el stock y con la pesquería en el largo plazo, considerado el máximo rendimiento sostenible (MRS). Pensado en el MRS, si la captura se mantiene constante, el stock se estabilizará en un cierto tamaño. Esta relación entre el esfuerzo de pesca aplicado para una captura en el largo plazo y el tamaño del stock.

#### **MRS en función del esfuerzo**



Nos interesa también comprender la relación entre el rendimiento sostenible en el largo plazo, y el esfuerzo de pesca porque de esa forma podemos manejar la pesquería.

#### *Curva de rendimiento en equilibrio*

Muestra el rendimiento (captura) que se produce con un determinado nivel de esfuerzo después de que el stock llega al equilibrio para ese nivel de esfuerzo de pesca. Es equivalente a la curva de la tasa de crecimiento del stock que varía de acuerdo a un modelo logístico.

#### **Máximo Rendimiento Sostenible (MRS)**

Es determinar el nivel óptimo de esfuerzo; es decir, el esfuerzo que produce el máximo rendimiento que puede ser sostenible sin afectar la productividad a largo plazo del stock, lo que se denomina rendimiento máximo sostenible.

El rendimiento máximo sostenible (RMS) es la captura óptima que puede extraerse de una población de peces año tras año sin poner en peligro su capacidad de regeneración futura.

#### **Máximo Rendimiento Económico (MRE)**

El MRE se obtiene cuando los costos marginales del esfuerzo pesquero son iguales a las rentas marginales. Esto es igual a la máxima rentabilidad obtenida de la pesca. Además, como la captura del pescado significa gasto de dinero (capital y mano de obra) lo que importa no es el volumen de la captura ni su valor (bruto) sino el excedente del valor de la captura por encima de los gastos

de pescar. El excedente máximo o rendimiento máximo económico (MEY) como es conocido, se obtiene en un nivel de esfuerzo de pesca y captura considerablemente inferior al nivel necesario para obtener el rendimiento máximo sostenido o el valor máximo de la captura.

### Equilibrio Bioeconómico (EBE)

La población se mantendrá en equilibrio en la medida que los factores que hacen decrecer la biomasa tales como la depredación, enfermedades, entre otros, sean balanceados por aquellos que la aumentan, como el crecimiento individual y el reclutamiento. La tasa de crecimiento poblacional ( $dB/dt$ ) correspondiente a cada nivel de biomasa  $B(t)$  del recurso.

Tabla 1. Puntos de referencia bioeconómico

Nombre	Ecuación
Biomasa en equilibrio bioeconómico	$B_{ebe} = cu/pq$
Esfuerzo en equilibrio bioeconómico	$E_{ebe} = 2Emre$
Captura en equilibrio bioeconómico	$C_{ebe} = qE_{ebe}K(1-qE_{ebe}/r)$
Esfuerzo en MRS	$E_{mrs} = r/2q$
Captura en MRS	$C_{mrs} = Kr/4$
Esfuerzo en MRE	$E_{mre} = r/2q(1 - cu/pqK)$
Captura en MRE	$C_{mre} = qE_{mre}K(1 - qE_{mre}/r)$
Biomasa en MRE	$B_{mre} = (1 - qE_{mre}/r)K$
Biomasa en MRS	$B_{mrs} = (1 - qE_{mrs}/r)K$

## 5. Resultados

### 5.1 Aspectos biológicos.

Se estimaron las series de tiempo para el reclutamiento ( $R_t$ ), la abundancia de adultos ( $N_d$ ) y la abundancia total ( $N_t$ ) (Fig. 4). Para ello, el número de reclutas se estimó como el número de individuos de edad 0 en cada temporada de pesca. La abundancia de adultos fue la suma de individuos de edad 1 hasta los más viejos. La mortalidad natural ( $M$ ) utilizada en el análisis fue de  $M=0.65$  (Nevárez-Martínez 2000).

Los resultados indicaron una gran variabilidad interanual en las tres series:  $R_t$  se incrementó desde principios de los años 1970's, hasta un máximo a mediados de los años 1980's, caído a niveles muy bajos entre 1990-1992 y de nuevo una tendencia ascendente con alta variabilidad aumentado hasta un máximo histórico en la temporada 2007/08 (Fig. 4). Las otras dos series de abundancia numérica siguieron un comportamiento similar.

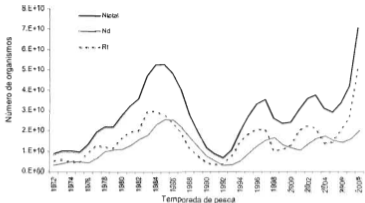


Figura 4. Series de tiempo de reclutamiento (Rt), la abundancia de adultos (Nd) y la abundancia total (Nt) de sardina monterrey del Golfo de California.

La biomasa de adultos y total muestran un comportamiento, ascendente (Fig. 5), hasta un máximo a mediados de 1980's, enseguida una caída a niveles similares a los de principios de los 1970's y luego de nuevo una tendencia ascendente con la biomasa total alcanzado un nuevo máximo de 2.73 millones de toneladas en 2007-2008.

La tasa de mortalidad por pesca y la tasa de explotación anual, estas series también muestran gran variabilidad, tanto interanual como decadal, con una tendencia ascendente que alcanza valores máximos (de ambas series) entre 1989 y 1991, con el valor máximo para la tasa de explotación cercano al 0.4/año. Después de esos altos valores, los indicadores del nivel de explotación cayeron abruptamente (alrededor de 0.03/año) para los años de 1992 y 1993. Entre 1994 y 2008 la tasa de explotación se ha mantenido en niveles por

debajo de 0.22/año, mientras que la mortalidad por pesca se mantuvo por debajo de los niveles considerados adecuados ( $F < 0.25$ /año) para la sardina monterrey (Fig. 6).

Las series de captura de sardina monterrey y esfuerzo de pesca ejercido por la flota de Sonora muestran un periodo de crecimiento de la pesquería entre las temporadas 1969/70 hasta 1989/90 (Fig. 7). Después de un declive abrupto, las capturas y el esfuerzo de pesca volvieron a experimentar un crecimiento hasta la última temporada mostrada en la serie (2008/09), en que la captura rebasó las 500 mil toneladas con un esfuerzo de alrededor de 4,000 viajes de pesca.

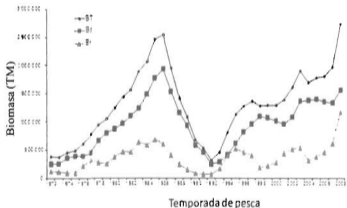


Figura 5. Series de tiempo de biomasa de reclutas (Br), la biomasa de adultos (Bd) y la biomasa total (BT) de sardina monterrey del Golfo de California.

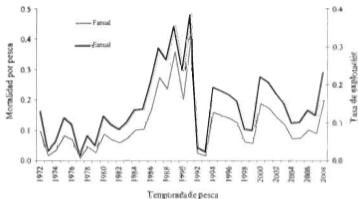


Figura 6. Tasas de mortalidad por pesca (Fannual) y tasa de explotación anual (Eannual) obtenidas con el Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP) para la sardina monterrey del Golfo de California.

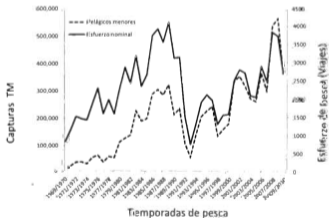


Figura 7. Series de tiempo de capturas comerciales y esfuerzo de pesca (viajes) en la pesquería de sardina monterrey del Golfo de California.

## 5.2 Aspectos económicos

Una parte importante de la información requerida para la alimentación de los modelos planteados fue obtenida a partir del análisis de los estados financieros de las empresas dedicadas a la captura de pelágicos menores en los puertos de Guaymas y Yavaros, Sonora.

Se realizó esta actividad, basado en la noción de ubicar los costos fijos y variables analizando el comportamiento de los barcos de un año tipo, en este caso el 2008, y los datos son del periodo del 1 de enero al 31 de diciembre de 2008 (Tabla 2).

Toda esa información fue capturada en una base de datos que contiene las categorías de costos en que incurre cada una de las embarcaciones al salir a la pesca, las mismas se muestran en la Tabla 3.

En total se obtuvo y se capturó los estados financieros de 17 barcos de 34 registrados en el Estado de Sonora.

De las ocho empresas con barcos en Sonora, cinco de ellas son de Guaymas y tres de Yavaros, de las cuales se analizaron tres empresas (60%) para Guaymas y una para Yavaros (33.33%), donde el giro identificado fue el siguiente:

- Seis empresas se orientan a la elaboración de harina y aceite de pescado.
- Dos empresas se orientan a la elaboración de conservas (enlatados).

Tabla 2. Datos financieros de los barcos, proporcionados por las empresas pesqueras de Guaymas y Yavaros, Sonora.

Nombre	Enero
COSTO DE CAPTURA	674,351.02
SUELDOS POR PRODUCCION	4,099.93
SUELDOS POR PRODUCCION	2,059.82
SUELDOS Y SALARIOS	2,040.11
INDEMNIZACIONES	400.00
SERVICIO DE OPERACION Y	336,067.82
ADMON	
COMBUSTIBLES (DIESEL)	126,956.41
LUBRICANTES	8,401.41
PROVISION Y ALIMENTOS	16,291.31
RED Y EQUIPO DE PESCA	42,977.66
MANTENIM Y REPARACION	55,037.27
MAQUINA	
CONSERV Y MANTEN DE	33,056.05
EMBARCAC	
SISTEMA ELECTRICO	1,280.22
SISTEMA DE REFRIGERACION	9,272.48
SISTEMA HIDRAULICO	5,458.18
SISTEMA ELECTRONICO	700.00
MANTO Y REPARAC DE PANGO	-
CONSERVAC Y MANTO DE CASETA	4,456.00
UTENCILIOS CASETA Y COCINA	343.26
FUMIGACION Y DESINFECCION	500.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO	-
SEGUROS Y FIANZAS	12,519.66
GASTOS DE VIAJE	695.74
ALIMENTOS	-
TRANSPORTACION	434.87
GASTOS Y MANTO DE	3,796.69
AUTOMOVILES	



Tabla 3. Captura de los datos asociados a los costos fijos, variables, la producción y las características de los barcos pesqueros. Los colores de las etiquetas de la parte superior indican lo siguiente: gris oscuro: costos fijos y gris claro: costos variables.

Barco Código	A1	A2	A3 A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57	A58	A59	A60	A61	A62	A63	A64	A65	A66	A67	A68	A69	A70	A71	A72	A73	A74	A75	A76	A77	A78	A79	A80	A81	A82	A83	A84	A85	A86	A87	A88	A89	A90	A91	A92	A93	A94	A95	A96	A97	A98	A99	A100	A101	A102	A103	A104	A105	A106	A107	A108	A109	A110	A111	A112	A113	A114	A115	A116	A117	A118	A119	A120	A121	A122	A123	A124	A125	A126	A127	A128	A129	A130	A131	A132	A133	A134	A135	A136	A137	A138	A139	A140	A141	A142	A143	A144	A145	A146	A147	A148	A149	A150	A151	A152	A153	A154	A155	A156	A157	A158	A159	A160	A161	A162	A163	A164	A165	A166	A167	A168	A169	A170	A171	A172	A173	A174	A175	A176	A177	A178	A179	A180	A181	A182	A183	A184	A185	A186	A187	A188	A189	A190	A191	A192	A193	A194	A195	A196	A197	A198	A199	A200	A201	A202	A203	A204	A205	A206	A207	A208	A209	A210	A211	A212	A213	A214	A215	A216	A217	A218	A219	A220	A221	A222	A223	A224	A225	A226	A227	A228	A229	A230	A231	A232	A233	A234	A235	A236	A237	A238	A239	A240	A241	A242	A243	A244	A245	A246	A247	A248	A249	A250	A251	A252	A253	A254	A255	A256	A257	A258	A259	A260	A261	A262	A263	A264	A265	A266	A267	A268	A269	A270	A271	A272	A273	A274	A275	A276	A277	A278	A279	A280	A281	A282	A283	A284	A285	A286	A287	A288	A289	A290	A291	A292	A293	A294	A295	A296	A297	A298	A299	A300	A301	A302	A303	A304	A305	A306	A307	A308	A309	A310	A311	A312	A313	A314	A315	A316	A317	A318	A319	A320	A321	A322	A323	A324	A325	A326	A327	A328	A329	A330	A331	A332	A333	A334	A335	A336	A337	A338	A339	A340	A341	A342	A343	A344	A345	A346	A347	A348	A349	A350	A351	A352	A353	A354	A355	A356	A357	A358	A359	A360	A361	A362	A363	A364	A365	A366	A367	A368	A369	A370	A371	A372	A373	A374	A375	A376	A377	A378	A379	A380	A381	A382	A383	A384	A385	A386	A387	A388	A389	A390	A391	A392	A393	A394	A395	A396	A397	A398	A399	A400	A401	A402	A403	A404	A405	A406	A407	A408	A409	A410	A411	A412	A413	A414	A415	A416	A417	A418	A419	A420	A421	A422	A423	A424	A425	A426	A427	A428	A429	A430	A431	A432	A433	A434	A435	A436	A437	A438	A439	A440	A441	A442	A443	A444	A445	A446	A447	A448	A449	A450	A451	A452	A453	A454	A455	A456	A457	A458	A459	A460	A461	A462	A463	A464	A465	A466	A467	A468	A469	A470	A471	A472	A473	A474	A475	A476	A477	A478	A479	A480	A481	A482	A483	A484	A485	A486	A487	A488	A489	A490	A491	A492	A493	A494	A495	A496	A497	A498	A499	A500	A501	A502	A503	A504	A505	A506	A507	A508	A509	A510	A511	A512	A513	A514	A515	A516	A517	A518	A519	A520	A521	A522	A523	A524	A525	A526	A527	A528	A529	A530	A531	A532	A533	A534	A535	A536	A537	A538	A539	A540	A541	A542	A543	A544	A545	A546	A547	A548	A549	A550	A551	A552	A553	A554	A555	A556	A557	A558	A559	A560	A561	A562	A563	A564	A565	A566	A567	A568	A569	A570	A571	A572	A573	A574	A575	A576	A577	A578	A579	A580	A581	A582	A583	A584	A585	A586	A587	A588	A589	A590	A591	A592	A593	A594	A595	A596	A597	A598	A599	A600	A601	A602	A603	A604	A605	A606	A607	A608	A609	A610	A611	A612	A613	A614	A615	A616	A617	A618	A619	A620	A621	A622	A623	A624	A625	A626	A627	A628	A629	A630	A631	A632	A633	A634	A635	A636	A637	A638	A639	A640	A641	A642	A643	A644	A645	A646	A647	A648	A649	A650	A651	A652	A653	A654	A655	A656	A657	A658	A659	A660	A661	A662	A663	A664	A665	A666	A667	A668	A669	A670	A671	A672	A673	A674	A675	A676	A677	A678	A679	A680	A681	A682	A683	A684	A685	A686	A687	A688	A689	A690	A691	A692	A693	A694	A695	A696	A697	A698	A699	A700	A701	A702	A703	A704	A705	A706	A707	A708	A709	A710	A711	A712	A713	A714	A715	A716	A717	A718	A719	A720	A721	A722	A723	A724	A725	A726	A727	A728	A729	A730	A731	A732	A733	A734	A735	A736	A737	A738	A739	A740	A741	A742	A743	A744	A745	A746	A747	A748	A749	A750	A751	A752	A753	A754	A755	A756	A757	A758	A759	A760	A761	A762	A763	A764	A765	A766	A767	A768	A769	A770	A771	A772	A773	A774	A775	A776	A777	A778	A779	A780	A781	A782	A783	A784	A785	A786	A787	A788	A789	A790	A791	A792	A793	A794	A795	A796	A797	A798	A799	A800	A801	A802	A803	A804	A805	A806	A807	A808	A809	A810	A811	A812	A813	A814	A815	A816	A817	A818	A819	A820	A821	A822	A823	A824	A825	A826	A827	A828	A829	A830	A831	A832	A833	A834	A835	A836	A837	A838	A839	A840	A841	A842	A843	A844	A845	A846	A847	A848	A849	A850	A851	A852	A853	A854	A855	A856	A857	A858	A859	A860	A861	A862	A863	A864	A865	A866	A867	A868	A869	A870	A871	A872	A873	A874	A875	A876	A877	A878	A879	A880	A881	A882	A883	A884	A885	A886	A887	A888	A889	A890	A891	A892	A893	A894	A895	A896	A897	A898	A899	A900	A901	A902	A903	A904	A905	A906	A907	A908	A909	A910	A911	A912	A913	A914	A915	A916	A917	A918	A919	A920	A921	A922	A923	A924	A925	A926	A927	A928	A929	A930	A931	A932	A933	A934	A935	A936	A937	A938	A939	A940	A941	A942	A943	A944	A945	A946	A947	A948	A949	A950
-----------------	----	----	----------	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 4. Caracterización de la flota cerquera de pelágicos menores de Sonora, en términos de su capacidad de acarreo (almacenamiento).

TIPO	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (TONELADAS)
1	120 - 140
2	160
3	180
4	220
5	250

En cuanto a la estructura de costos de la flota cerquera de pelágicos menores en Sonora, incluida el promedio de producción por mes y por tipo de embarcación en la temporada 2008, se movió en un intervalo entre las dos mil y las tres mil toneladas depende del tipo de embarcación (Tabla 5). La utilidad de esta pesquería osciló entre 836 mil y 1.34 millones.

Tabla 5. Estructura de costos de la flota cerquera de pelágicos menores en Sonora.

TIPO	PRODUCCION EN TONELADAS	TOTAL INGRESOS	TOTAL COSTO DE CAPTURA	TOTAL GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	COSTO TOTAL	UTILIDAD
1	2,082.93	1,562,199.58	642,202.57	25,102.08	667,696.66	874,502.90
2	2,759.07	2,069,303.06	824,860.37	25,204.17	876,309.34	1,192,993.72
3	3,048.57	2,286,425.90	946,610.09	25,204.17	1,038,838.66	1,247,587.23
4	3,130.87	2,348,152.99	925,203.64	25,204.17	1,010,122.99	1,338,030.00
5	2,315.60	1,736,702.54	832,507.56	25,204.17	900,611.54	836,091.00

Es importante conocer cuánto de cada peso que ingresa a las empresas dedicadas a la captura de especies pelágicas menores se queda con los

empresarios, a este concepto se le llama margen de utilidad y se expresa como un porcentaje. La utilidad operativa de una empresa sardinera es 57%, similar a la que tendría si no tuviera subsidio que es del 55% (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación del margen de Utilidad con o sin subsidio, en la flota cerquera de pelágicos menores de Sonora.

TIPO	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (TONELADAS)	UTILIDAD SUBSIDIADA	MARGEN DE UTILIDAD SUBSIDIADO %	UTILIDAD SIN SUBSIDIO	MARGEN DE UTILIDAD SIN SUBSIDIO %
1	120 -140	894,894.92	57%	874,502.80	56%
2	160	1,219,238.53	59%	1,192,993.72	58%
3	180	1,314,611.65	57%	1,247,587.23	55%
4	220	1,397,745.19	60%	1,236,030.00	57%
5	250	878,990.81	51%	836,091.00	48%

FUENTE: Estados financieros de las empresas sardineras en el Golfo de California, 2008.

Como se muestra en la tabla, los márgenes de utilidad son muy altos para cualquier negocio ya que van del 48% en la embarcación tipo 5 sin subsidio de diesel hasta 60% en la tipo 4 y con subsidio del diesel. Es importante tomar en cuenta que la temporada 2008, al igual que la 2009 fueron excepcionales en términos de disponibilidad de la materia prima por lo tanto estos márgenes pueden estar sobredimensionados si se toma en cuenta una temporada como la de 2010.

Sin embargo, el trabajo ofrece una base de costos que puede ser utilizada como modelo para medir el comportamiento de estos indicadores de productividad y eficiencia cruzándolos con las capturas dadas en una

temporada cualquiera, solo agregando el componente inflacionario, esta estructura de costos solo pudiera verse afectada si ocurriese un avance tecnológico significativo que haga más eficiente a la flota, ya sea porque se captura más con menor esfuerzo o porque los sistemas son más eficientes.

### 5.3 Modelo de Gordon-Schaefer

La expresión gráfica del modelo de Gordon en términos de ITS y CT (Fig. 8). En ausencia de regulación, el aumento del esfuerzo ocasiona un incremento en los ingresos hasta alcanzar el nivel de equilibrio bioeconómico, que corresponde a un nivel de esfuerzo ( $f_{EE}$ ) donde los costos totales igualan a los ingresos totales sostenibles, en este caso es igual el esfuerzo requerido para alcanzar el MRS. El equilibrio económico indica que no existe incentivo para entrar o salir de la pesquería, y el biológico, que la población se mantiene en el tiempo.

El máximo rendimiento económico (MRE) se alcanza en  $f_{MRE}$  donde las diferencias entre los CT y ITS se maximizan. El área bajo la curva de ITS por encima de CT corresponde a los beneficios netos o renta económica, los cuales siempre serán mayores hacia la izquierda del MRS.

En este sentido, la posición de la curva de costos es muy importante, ya que si éstos se reducen existirán ganancias (aunque con menores rendimientos) y por tanto habrá estímulos para incrementar el esfuerzo hasta alcanzar un nuevo nivel de equilibrio, obteniéndose también un nuevo nivel de esfuerzo para obtener el máximo rendimiento económico. Se asume que el esfuerzo extra es producido por la operación de botes nuevos que operan de una manera eficiente, más que por la expansión del esfuerzo de los ya existentes

(Anderson, 1986). El modelo pronostica como se demostrará posteriormente, que el esfuerzo en el equilibrio bioeconómico será el doble del ejercido al nivel de máximo rendimiento económico.

La dinámica de la biomasa de la población de sardina del Golfo de California, cuya capacidad de carga ( $K$ ) es de 2.5 millones de toneladas y una tasa intrínseca de crecimiento ( $R$ ) igual a 0.68 (Fig. 9 y 10). Se observa que tiende al valor de la biomasa en equilibrio bioeconómico (ver Tabla 7, abajo).

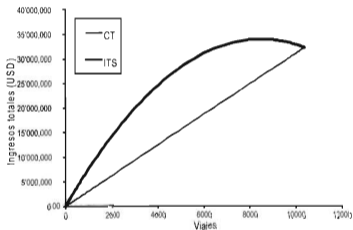


Figura 8. Curvas de costos totales (CT) e ingresos totales sostenibles (ITS) estimados para la pesquería de pelágicos menores.

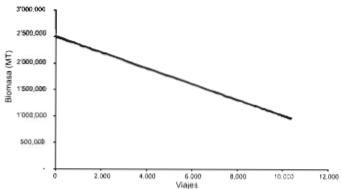


Figura 9. Biomasa en equilibrio en función del esfuerzo pesquero aplicado, en la sardina del Golfo de California.

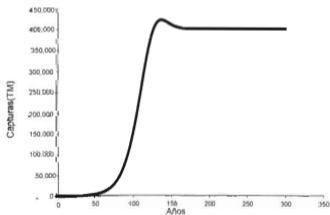


Figura 10. Dinámica de las capturas de sardina en el tiempo.

Se puede observar la curva sigmoidea de las capturas por unidad de tiempo (Fig.11), indicando que la curva de captura tiende al valor de la captura en equilibrio bioeconómico (ver Tabla 7, abajo).

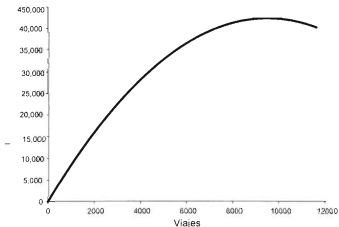


Figura 11. Capturas (equilibrio) en función del esfuerzo pesquero de la pesquería de sardina del Golfo de California.

Se presenta, en la figura 12, la curva de utilidades de la pesquería como una función del esfuerzo pesquero. Se observa que la curva tiene un punto máximo de utilidades cuando los viajes se encuentran entre 5100 y 5800, con una ganancia aproximada de 12.5 a 13.8 millones de dólares (Fig. 12).

El comportamiento, en el tiempo, de los indicadores financieros (Fig. 13), muestran la tendencia sigmoidea, muy parecida a la de las capturas, y cuya tendencia es a los valores en equilibrio bioeconómico.

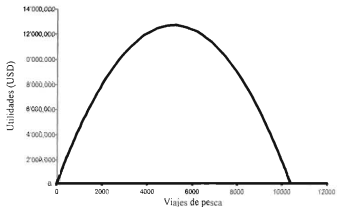


Figura 12. Curvas de utilidad estimadas en la pesquería de sardina del Golfo de California en función del esfuerzo pesquero.

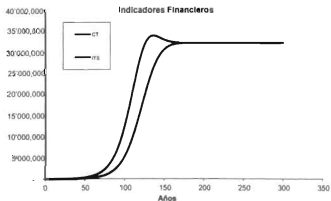


Figura 13. Comportamiento de los indicadores financieros a lo largo del tiempo.



Nuestros análisis indicaron que las utilidades de la flota comercial de sardina monterrey del Golfo de California varían relativamente poco cuando se considera el subsidio y sin subsidio al diesel marino (Fig. 14).

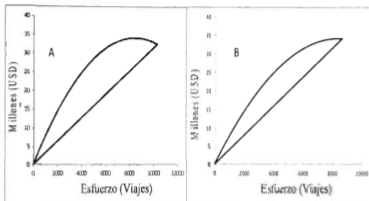


Figura 14. Utilidades calculadas de la flota cerquera de pelágicos menores del Golfo de California con subsidio (A) y sin subsidio (B) al diesel marino.

Todos los estimados de los puntos de referencia bioeconómicos son presentados en la tabla 7. Se observa que la biomasa más alta está asociada a al rendimiento máxima económica (MEY), con capturas de poco más de 361 mil toneladas y un esfuerzo de pesca de menos de 5,186 viajes.

Tabla 7. Puntos de referencia para el manejo de la pesquería de sardina monterrey del Golfo de California derivados del análisis bioeconómico. OAE = equilibrio en acceso abierto; MSY = rendimiento máximo sostenible; MEY = rendimiento máximo económico.

Puntos de referencia	Valor	Unidades
Biomasa en OAE	989,076	TM
Esfuerzo en OAE	10,373	Viajes
Captura en OAE	403,534	TM
Biomasa en MSY	1'250,000	TM
Esfuerzo en MSY	8,469	Viajes
Captura en MSY	425,000	TM
Biomasa en MEY	1'734,538	TM
Esfuerzo en MEY	5,186	Viajes
Captura en MEY	361,141	TM

## 6. Discusión

### **6.1 Reclutamiento**

El reclutamiento puede definirse llanamente como la relación empírica entre el tamaño del stock desovante o reproductor y el subsiguiente reclutamiento de una clase anual dada por ese desove (Ricker, 1954; Ricker, 1975; Hilborn y Walters, 1992). Y es aquí donde dicha relación stock desovante-reclutas encuentra sus mayores detractores, los cuales afirman que no existe una correlación lo suficientemente evidente en todos los casos donde este tipo de estudios se han llevado a cabo (Gulland, 1973; Lasker, 1975; Hilborn y Walters, 1992; Hjort, 1924). Sin embargo, existen varios factores que intervienen en su supervivencia. Estos se pueden dividir en la estabilidad de la columna de agua, la disponibilidad y el tipo de alimento, y las interacciones con otras especies (Lasker, 1975; 1978). El que la biomasa se mantenga dentro del margen de 2.5 millones de toneladas de capacidad de carga (K) y una tasa intrínseca de crecimiento (R) igual a 0.68, probablemente indica que se está hablando de un stock relativamente estable, debido tal vez, a que la migración de esta especie juega un papel importante en la renovación de este recurso en el tiempo en esta zona (Nevárez et al., 1996; 2004). Por otra parte, la mortalidad por pesca se ha mantenido por debajo de los niveles considerados adecuados ( $F < 0.25/\text{año}$ ) para esta especie, es decir se ha explotado adecuadamente.

### **6.2 Efecto de diferentes escenarios (tener subsidio o no tenerlo)**

El subsidio de manera general se define, en el lenguaje económico corriente, como los subsidios aplicados para estimular artificialmente el consumo o la

producción de un bien o servicio. Son los mecanismos contrarios a los impuestos (Walker et al., 2000).

Generalmente la aplicación de subsidios específicos al consumo o a la producción de un producto cualquiera, tiene su origen en la intención de los estados de alcanzar metas sociales, o bien favorecer (por distintas razones) a determinadas personas, actividades o zonas de un país. También suele otorgarse desde el estado a las empresas privadas, con el fin de evitar que posibles aumentos de tarifas lleguen a los consumidores finales de los productos o servicios que ellas proveen, y así proteger la economía regional (principalmente en épocas de inflación). Para las economistas "liberales" son mecanismos artificiales para modificar la asignación de recursos de la economía, a los que toman como perjudiciales para el normal desarrollo de la misma, ya que consideran que la asignación de recursos debe ser efectuada por el "mercado".

Es importante tomar en cuenta que la temporada 2008, al igual que la 2009, fueron excepcionales en términos de disponibilidad de la materia prima: por tanto, estos márgenes pueden estar sobredimensionados si se toma en cuenta una temporada como la del año 2010. Los márgenes de utilidad son muy altos para cualquier negocio, ya que van del 48% en la embarcación tipo 5 sin subsidio de diésel hasta 60% en la tipo 4 y con subsidio de diésel.

El mejor indicador para medir la productividad, es el costo por tonelada capturada, según este indicador las embarcaciones tipo 4, es decir con 220 toneladas de bodega, son las más eficientes ya que tienen un costo por tonelada 19% menor que las embarcaciones del tipo 5.

En este estudio se muestra que con subsidio o sin él (véase figura 15 y 16) esta pesquería es muy rentable, y son pocos los recursos que se encuentran en este estado económico tan favorable.

El trabajo ofrece una base de costos que puede ser utilizada como modelo para medir el comportamiento de estos indicadores de productividad y eficiencia cruzándolos con las capturas dadas en una temporada cualquiera, solo agregando el componente inflacionario, esta estructura de costos solo pudiera verse afectada si ocurriese un avance tecnológico significativo que haga más eficiente a la flota, ya sea porque se captura más con el mismo esfuerzo (artes) o porque el costo de producción es menor (menor gasto energético o un cambio en el tabulador de pago a las tripulaciones).

### 6.3 Modelo Bioeconómico

El modelo Gordon-Schaefer ha sido ampliamente utilizado en el análisis de pesquerías, debido a que permite comprender de manera sencilla los conceptos de costo y beneficio económico en función del nivel de esfuerzo y captura (Seijo et al., 1997, 2010; Allaga et al., 2001; De Anda et al., 2010). Aunque un supuesto fundamental del modelo es el comportamiento ideal del recurso, la industria extractiva y el mercado, el modelo es una herramienta con valor heurístico pues permite generar puntos de referencia para el manejo por parte de la autoridad y la toma de decisiones de la industria.

En el presente estudio, una posible limitante que debe ser considerada en estudios posteriores, es asumir que la pesquería fue considerada

monoespecífica, cuando en realidad no lo es. La sardina monterrey es, en efecto, la especie objetivo de la flota de barcos de Sonora (Guaymas y Yavaros) y representa en promedio 81.9 % de las capturas anuales; pero ciertamente no es la única especie que se captura. De hecho, en algunas temporadas de pesca la disponibilidad o abundancia de las distintas especies, especialmente de sardina monterrey, puede ser muy variable, lo que se refleja en las capturas de la flota (Nevárez-Martínez et al., 2001, 2006). En todo caso, la disponibilidad de otras especies debe jugar un papel importante en el nivel de eficiencia económica de la flota y la industria misma; esto es algo que deberá investigarse con detenimiento.

En condiciones de equilibrio bioeconómico, el modelo de Gordon-Schaefer indica que en ausencia de regulación, el aumento del esfuerzo ocasiona un incremento en los ingresos hasta alcanzar el equilibrio. Esto corresponde a un nivel de esfuerzo donde los costos totales igualan a los ingresos totales. Nuestros resultados indican que el esfuerzo de pesca que genera el máximo rendimiento económico es de 5 186 viajes y la biomasa correspondiente es de 1 734 538 toneladas. Esto indicaría que el estatus actual de la pesquería es de sub-explotación, no de sobreexplotación del recurso. Este resultado es diferente a lo encontrado por De Anda-Montañez y Seijo (1999), en gran parte debido a que ellos analizaron la pesquería en un periodo de tiempo (1972-1990) en el que, en las últimas temporadas analizadas se presentó un periodo de pobres reclutamientos sumado a condiciones ambientales adversas al recurso, particularmente periodos de surgencias de menor duración (Nevárez-Martínez 2000).

Para la costa occidental de Baja California Sur (Bahía Magdalena) se reportó que el esfuerzo en el máximo económico de la pesquería, es de 756 viajes, mientras que para el máximo rendimiento sostenible el esfuerzo es de 800 viajes (De Anda-Montañez et al., 2010). En este caso, las diferencias que se observan comparadas con los resultados aquí obtenidos (5,125 viajes en el MEY), se deben básicamente a que son dos pesquerías muy diferentes, pues el tamaño de los stock que se explota en cada área son muy diferentes, siendo mucho más grande el stock del Golfo de California.

En la zona de Chile se determinaron los puntos de referencia biológicos y económicos utilizando también el modelo Gordon-Schaefer (Aliaga et al., 2001), mostraron que la flota ha operado utilizando un esfuerzo mayor al correspondiente tanto al punto de máximo rendimiento económico (5 776 viajes), como al punto de equilibrio de libre acceso (11 552 viajes), en tanto que las capturas han sobrepasado el Máximo Rendimiento Sustentable que es de 1.228 millones de toneladas (Aliaga et al., 2001). Estos resultados son muy diferentes a lo aquí obtenido, pues en el caso de la pesquería de Chile la flota está operando con pérdidas, mientras que aquí la flota opera con ganancias importantes.

En este estudio se encontró que el costo por tonelada capturada es una buena unidad para medir la productividad de la pesquería de sardina monterrey. De acuerdo con los resultados, independientemente de su capacidad de carga, con subsidio todas las embarcaciones operan con márgenes de utilidad por arriba del 50%. Las embarcaciones de 220 toneladas de capacidad de bodega son las más eficientes (60%) y las de 250 toneladas son relativamente menos

eficientes que el resto (51%). Si se descuenta el subsidio al diesel, las embarcaciones que generan más utilidades son las de 160 toneladas, y las de menor utilidad económica son las de 250 toneladas. De lo anterior se desprende que para la pesquería en su conjunto es más recomendable operar embarcaciones de 160 toneladas; esto permitiría la sobrecapitalización de la flota, que a su vez generaría mejores condiciones para el ordenamiento pesquero y la sustentabilidad de la industria.

Los resultados de este análisis ofrecen una base que puede ser utilizada como referencia para medir el comportamiento de la pesquería en cuanto a productividad y eficiencia económica. Habrá que tomar en cuenta para evaluaciones posteriores el componente inflacionario. Asimismo, la estructura de costos aquí utilizada pudiera verse afectada si ocurriese una innovación que haga significativamente más eficiente la pesca, ya sea porque se capture más con el mismo esfuerzo o porque el costo de producción disminuya (p ej., menor gasto energético o un cambio en el tabulador de pago a las tripulaciones).

Con el propósito de avanzar en los estudios bioeconómicos de la pesquerías de sardina monterrey del Golfo de California, los estados financieros de las pesqueras deben ser monitoreados de forma sistemática a fin de afinar los resultados aportados en la presente investigación. Para efectos de manejo con enfoque económico, se recomienda mantener el esfuerzo aplicado en la temporada 2008/09 debido a la incertidumbre asociada a este tipo de recursos dada la variabilidad ambiental que no fue aquí considerada (ver De anda et al., 2010).



## 7. Conclusiones

- Los puntos de referencia en el presente estudio involucran las regulaciones en el esfuerzo y biomasa, son las que poseen mayores probabilidades de obtener una renta mayor y mejor captura. Donde el esfuerzo de pesca que genera el máximo rendimiento económico es de 5,186 viajes y la biomasa correspondiente es de 1'734,538 toneladas.
- El modelo sugiere que el máximo de utilidades se obtendrá para un esfuerzo de pesca entre 5,100 y 5,600 viajes, con una ganancia de 12.5 a 13.8 millones de dólares.
- Se concluye que esta pesquería es sumamente redituable ya que los márgenes de utilidad son muy altos para cualquier negocio, si se descuenta el subsidio al diesel, las embarcaciones que generan más utilidades son las de 160 toneladas y las de menor utilidad económica son las de 250 toneladas.
- Este modelo muestra de manera general que la pesquería no se encuentra sobreexplotada, sino más bien estable, se recomienda de cualquier modo mantener el esfuerzo aplicado en la temporada 2008-2009 debido a la incertidumbre asociada a este tipo de recursos con la variabilidad del medioambiente.
- El modelo bioeconómico propuesto para la pesquería de sardina monterrey utilizado en este trabajo, ayudará al administrador e investigador a entender el comportamiento de la pesquería y a explorar posibles impactos en variables tanto biológicas como económicas en el tiempo, ante diferentes estrategias de manejo.

- Podemos concluir que la biomasa siempre que se mantenga dentro del margen de 2.5 millones de toneladas de capacidad de carga (K) y una tasa intrínseca de crecimiento (R) igual a 0.68, indica que se está hablando de un stock relativamente estable.
- Se encontró que la mortalidad por pesca se ha mantenido por debajo de los niveles considerados adecuados ( $F < 0.25/\text{año}$ ) para esta especie, es decir se ha estado explotando adecuadamente.
- Para implantar cualquier medida de regulación pesquera es importante que existan los criterios de los usuarios del recurso, para elaborar un plan de manejo integral en el cual su opinión, conocimiento y necesidad se vea reflejado también en la elaboración de dichos puntos de referencia.

## 8. Literatura citada

- Alvarez, Borrego, S. 1983. Ecosystems of the World: Estuaries and enclosed seas. (Ed). Ketchum, B.H. Elsevier N.Y. 4727-449 pp.
- Anderson, L.G. 1977. *The Economics of Fisheries Management*. The John Hopkins University Press, New York. 214 pp.
- Anderson, L.G. 1986. *The Economics of Fisheries Management*, Revised and enlarged edition The John Hopkins University Press, Baltimore.
- Anónimo, 2005, 2009. Anuarios Estadísticos de Pesca 2003. CONAPESCA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Acuicultura: [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/ccóna\\_programas](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/ccóna_programas).
- Aliaga, R.B. Gómez, U.D. 2001. Análisis Bioeconómico de la pesquería de sardina (*Sardinops sagax*) y anchoveta (*Engraulis ringerts*) de la zona norte de Chile. *Investigaciones Marinas* 29(2): 15-23.
- Baranov, F.I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries. *Nauchn. Issled. Ichtiologicheskii Inst. Izv.* 1: 81-128.
- Barber, W., J. Taylor. 1990. The importance of goals, objectives and values in the fisheries management process and organization: A review. *North Amer. J. Fish. Manage.*, 10(4): 365-373.
- Baumgartner, T.R., A. Soutar, V. Ferrier-Bartrina. 1992. Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin. *CalCOFI Repts.*, 33:24-40.

- Bertalanffy, L., von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.* 10: 191-213.
- Beverton, R.J.H. & S.J. Holt. 1954. Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. U.S. Fish. Lab., Beaufort, N.C., Misc. Contrib 2:159 pp.
- Butler M.G. 1989. Prader-Labhart-Willi syndrome: current understanding of cause and diagnosis. (submitted).
- Chavez, M. N. 1979. Thin-layer chromatographic separation of keto derivatives of free bile acids. *J. Chromatogr.* 162: 71-75.
- Cisneros-Mata, M. A, J. Estrada-García, J.P Santos-Molina, A. Godínez-Cota, CE. Alvarado 1989. Diagnóstico de la pesquería de sardina en el estado de Sonora. Temporada 1987-88. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. Inédito.
- Cisneros-Mata, M. A., M. Nevárez-Martínez, G. Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, México. *CalCOFI Rep.* 36: 136-143
- Cisneros-Mata M., M. Nevárez-Martínez, G. Montemayor-López, P. Santos-Molina, R. Morales Azpeltia. 1991. Pesquería de sardina en el Golfo de California 1988/89 – 1989/90. SEPESCA. Instituto Nacional de La Pesca. 80 p.
- Cisneros Mata M., M. O. Nevárez-Martínez, M. A. Martínez-Zavala, M. L. Anguiano-Carrasco, J. P. Santos-Molina, A. R. Godínez-Cota, G. Montemayor-López. 1997. Diagnóstico de la pesquería de pelágicos menores del golfo de California de 1991/92 a 1995/96. SEMARNAP.

Instituto Nacional de La Pesca, Centro Regional de Investigación  
Pesquera Guaymas, Guaymas, Son. México. 59 p.

- Cisneros Mata M., Montemayor López Gabriela, M. O. Nevárez-Martínez.  
1996. Modeling deterministic effects of age structure, density  
dependence, environmental forcing, and fishing on the population  
dynamics of *Sardinops sagax caeruleus* in the Gulf of California.  
CalCOFI Rep., Vol. 37, 1996
- Clark, C.W. 1985. *Bioeconomic Modelling of Fisheries Management*. J.  
Wiley & Sons, New York.
- Clark, C.W., T. Lauck & G. Munro. 1995. Fisheries uncertainty and the  
precautionary approach to resource management. Department of  
Economics and Mathematics, University of British Columbia: 17 p.
- Clark, I. N., J. C. Marr. 1955. Population dynamics of the Pacific sardine.  
CALCOFI. Rep. 4-52.
- Cotero Altamirano, Celia Eva. 2000. Dinámica de la población de la  
anchoveta *Engraulis mordax* del Golfo de California. Tesis de Doctor.  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de  
Ensenada.
- Csirke, J., J.F. Caddy. 1983. Production modelling using mortality  
estimates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 43-51.
- Darby C.D., Flatman S. 1994. Virtual Population Analysis: Version 3.1  
(Windows/DOS) User Guide. Information Technology Series, No.  
1(MAFF, Directorate of Fisheries Research, Lowestoft) 85 pp
- De Anda-Montañez, J. C. Seijo. 1999. Bioeconomía de sardina del Pacífico  
en el Golfo de California. CalCOFI Rep., Vol. 40,

- De Anda-Montañez J. A, Ramos-Rodríguez A, 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(1): 25-35.
- De la Lanza Espino, G. 1999 *Oceanografía de los mares mexicanos*, AGT editores, México 415 p.
- Ehrhardt, N.M. 1991. Potential impact of a seasonal migratory jumbo squid (*Dosidicus gigas*) stock on the Gulf of California sardine (*Sardinops sagax caerulea*) population. *Bull. Mar. Sci.* Vol.49, 1991.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations] 1993. Reference Points for fishery management: their potential application to straddling and highly migratory resources. *FAO Fish. Circ.* (864): 52 pp.
- FAO. 2005. FIGIS: Fisheries Global Information System, World Wide Web Electronic Publication:  
<http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom=root&xml:=series/index.xml>  
 Versión 09/05.
- Félix-Uraga R. 1986. Edad, crecimiento y estructura poblacional de *Sardinops sagax caerulea* en Bahía Magdalena, durante 1981-1984. M.Sc. thesis, INP, CICIMAR, La Paz, BCS, México. 103 pp.
- Gage, J.D., P.A. Tyler. 1991. *Deep sea biology. A natural history of organisms at the deep sea floor.* Cambridge university press, cambridge; 504 pp.

- García, S.M., C. Newton. 1994. Responsible fisheries: an overview of FAO policy developments (1945-1994). *Mar. Poll. Bull.* 29: 528-536.
- Garrod, D.J., J.G. Shepherd. 1981. On the relationship between fishing capacity and resource allocations. En: Haley, K.B. (ed.), *Proceedings of a NATO Symposium on Applied Operations Research in Fishing*. Plenum Press, New York: 321-336.
- Garrod, D.J. 1967. Population dynamics of the Arcto-Norwegian
- Gluyas Millán M. G., R. Reyes Tisnado, R. Félix Uruga, F. Guerrero Escobedo, C. Quiñónez Velázquez, F. Melo Barrera. 2003. Pesquería de pelágicos menores en Baja California Sur, 2000-2003. Informe de Investigación, CRIP-La Paz, INP-SAGARPA. 42 p.
- Gómez-Muñoz, V. M., Quiñónez-Velázquez, C., Félix-Uruga, R. 1990. Distribución de las especies de carnada de la flota varera mexicana, durante 1988 a 1990. Resúmenes del II CONGRESO NACIONAL DE ICTIOLOGIA. SIMAC. SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON, 1991.
- Grant, A. 2000. Deep sea diversity: overlooked messages from shallow waters sediments. *Marine Ecology*. Vol. 21(2): 97-112 p.
- Grassle, J.F. 1989. Species diversity in deep- sea communities. *Trend in ecology & evolution*. Vol. 4 (1):13-15 pp.
- Gordon, H.S. 1954. The economics of a common property resource: the fishery. *J. Polit. Econ.* 62:124-142.
- Gulland, J. A. 1965. Estimation of mortality rates. ICES CM, Annex to Arctic Fisheries Working Group Report, Doc. No. 3 (mimeographed).

- Gulland J.A. 1966. Some problems of the management of shared stocks.  
FAO Fish. Tech. Pap. 206. 22 pp.
- Gulland, J.A. and L.K. 1973. Boerema, Scientific advice on catch levels.  
Fish.Bull.NOAA/NMFS, 71(2):325-35
- Gulland, J. A. 1980. Some problems of the management of shared stocks.  
FAO Fish. Tech. Pap. (206). 22 p.
- Hammann M.G, M.O. Nevárez-Martínez, Y. Green-Ruiz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: Egg and larval distribution 1956-1957 and 1971-1991. California Cooperative Fisheries Investigations Reports. 39: 169-179.
- Hendrickx, M. E. 2001. Occurrence of a continental slope deep-water decapod crustacean community along the edge of the minimum oxygen zone in the southeastern Gulf of California Mexico. Belgian Journal of zoology 131:71-86.
- Hernández-Vázquez, S. 1983. Análisis y normalización del esfuerzo pesquero de la flota sardinera de Bahía Magdalena, B.C.S. México (1972-1981). La Paz, B.C.S., CICIMAR, I.P.N. Tesis de Maestría: 142 p.
- Hilborn, R., C.J. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall, New York.
- Hjort, J. 1914. Fluctuations on the great fisheries of northern European herring. Rapports et proces-verbaux. Conseil Permanent International pour L'exploitation de le Mer. pp. 20-81



- Jiménez-Rodríguez J.G. 1991. Análisis comparativo del crecimiento y la estructura poblacional de sardina monterrey *Sardinops caeruleus* Girard en el Golfo de California de las temporadas 1988/1989 y 1989/1990 Tesis, Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Guadalajara, México. 60 pp.
- Jacob-Cervantes, M., M. Gallardo, X. Chiappa, A. Ruiz. 1992. Régimen alimentario de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.* 40:233-238.
- Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi (eds.) 1991. Long-term variability of pelagic fish population and their environmental. Pergamon Press, Tokyo, Japan. 402 pp.
- Lasker, R., A. D. MacCall. 1983. New ideas on the fluctuations of the clupeoid stocks off California. In *Proceedings of the Joint Oceanographic Assembly 1982: General Symposia*. Ottawa: Canadian National Committee/Scientific Committee on Oceanic Research, 110-120.
- Lavín, F. M., 1997. *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Monografía No. 3. Unión de Geofísica Mexicana, 272p.
- Lluch-Belda, D., B.F.J. Magallón, R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. *CalCOFI Rep.* 27: 136-140.
- Lluch-Belda, D., R.J.M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R.H. Parrish, R.A. Schwartzlose y P.E. Smith. 1989. World wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 8: 195-205.

- Lluch-Belda, D. S. Hernandez-Vazquez y R.A. Schwartzlose. 1991. A hypothetical model for the fluctuation of the California sardine population (*Sardinops sagax caerulea*). En: Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba & Taniguchi (eds). The long-term-variability of pelagic fish populations and their environment. Proc. Int. Symp., Sendai Japan, 14-18 nov. 1989. Oxford Pergamon Press: 293-300.
- Lluch-Belda, D., M.J. Arvizu, S. Hernandez-Vazquez, D. Lluch-Cota, A.C.Z. Salinas, T. Baugartener, G.Hammann, V.A. Cota, C.E. Cotero, F.W. Garcia, O. Pedrín, S.M. Lizarraga, M.A. Martínez, R. Morales, M.O. Nevarez M., J.P. Santos M., R. Ochoa B., S.R. Rodríguez, J.R. Torres V & F. Paez B. 1995. Atlas Pesquero de México. Pesquerías Relevantes. Secretaría de Pesca/Instituto Nacional de la Pesca/ Universidad de Colima (Cenedic).
- Lluch-Belda D., R. Schwartzlose, R. Serra, R. H. Parrish, T. Kawasaki, D. Hedgecock, R.J.M. Crawford. 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report. Fisheries. Ocean., 1(4):339-347.
- Lluch Belda, D. et al. 1995. Estado actual de la pesquería de sardina y anchoveta. Tomo III. Peces. En: Pesquerías Relevantes de México. Se Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. México, D.F. Versión en disco compacto.
- Lluch-Cota, S. E., Aragón-Noriega, E. A., Arreguin-Sanchez, F., Aureoles-Gamboa, D., Bautista-Romero, J. J., Brusca, R. C., Duarte-Cervantes, R., Cortés-Altamirano, R., Del Monte-Luna, Pablo, Esquivel-Herrear, A., Fernández, G., Hendrickx, M. E., Hernández-Vázquez, S., Herrera-

Cervantes, H., Kahru, M., Lavín, M., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D. B., López-Martínez, J., Marinote, S. G., Nevárez-Martínez, M. O., Ortega-García, S., Palacios-Castro, E., Sierra-Parés, A., Ponce-Díaz, G., Ramírez-Rodríguez, M., Salinas-Zavala, C. A., Schwartzlose, R. A., Sierra-Beltrán, A.P. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography*, 73: 1-26.

- López-Martínez, J., M.O. Nevárez-Martínez, R.E. Molina-Ocampo, F.A. Manrique-Colchado. 1999. Traslápó en el tipo y tamaño de presa que forman la dieta de la sardina Monterrey *Sardinops caeruleus* (Girard 1856), la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Günther 1867) y la anchoveta norteña *Engraulis mordax* (Girard 1856) en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 25(4): 541-556.
- MacCall, A.D. 1976. Density-dependence of catchability coefficient in the California Pacific sardine, *Sardinops sagax caerulea*, purse seine fishery. *California Coop. Ocean. Fish. Inv. Rep.* 18: 136-148
- Martínez-Zavala, M. A., M. A. Cisneros-Mata, M. Anguiano-Carrasco, J. P. Santos-Molina, M. O. Nevárez-Martínez, A. Godínez-Cota, G. Montemayor-López. 2000. Diagnósis de la pesquería de pelágicos menores del golfo de California de 1996/97 a 1997/98. SEMARNAP, Instituto Nacional de La Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera Guaymas, Guaymas, Son. México, 52 p.
- Megrey, B.A. 1989. Review and comparison of age-structured stock assessment models from theoretical and applied points of view. *American Fisheries Society Symposium* 6: 8-48.

- Nevárez-Martínez, M. O. 1990. Producción de huevos de la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) en el Golfo de California: una evaluación y crítica. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, B.C., México. 144 pp.
- Nevárez-Martínez, M. O. 2000. Variabilidad de la población de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California, México. La Paz, B.C.S., CICIMAR, I.P.N. Tesis de Doctoral: 103pp.
- Nevárez-Martínez, M.O., M.A. Cisneros-Mata, M.A. Martínez-Zavala, J.P. Santos-Molina. 1998. Aplicación de dos métodos para determinar el rendimiento óptimo de la sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) del Golfo de California: el uso de información auxiliar. *Oceánides* 13(1): 31-39.
- Nevárez-Martínez, M. O., E. A. Chávez, M.A. Cisneros-Mata, D. Lluch-Belda. 1999. Modeling of the Pacific sardine *Sardinops caeruleus* fishery of the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 41:273-383.
- Nevárez-Martínez, M.O., D. Lluch-Belda, M.A. Cisneros-Mata, J.P. Santos-Molina, M.A. Martínez-Zavala, S. E. Lluch-Cota. 2001. Distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the environment. *Progress in Oceanography* 49: 565-580.
- Nevárez-Martínez, M.O., Cotero Altamirano CE, Martínez-Zavala MA, Félix-Uraga R, Cota- Villavicencio A. 2004b. Recruitment of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in Baja California, Mexico. Program and Abstracts, Annual Conference 2004 CalCOFI, 15-18.

- Nevárez-Martínez, M.O., J.P. Santos-Molina. 1996. "Small Pelagic Fishes of the Gulf of California. 1995/1996 Fishing Season". Annual Conference CalCOFI. Asilomar Conference Center, California
- Nevárez-Martínez, M. O., Ma. De los A. Martínez Zavala, C. E. Cotero Altamirano, M. L. Jacob Cervantes, Y. A. Green Ruiz, G. Gluyas-Milán, A. Cota Villavicencio, J. P. Santos Molina. 2006. Peces Pelágicos Menores. En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo. INP-SAGARPA. pp. 264-301.
- Radovich, J. 1982. The collapse of the California sardine fishery. What have we learned?. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports 23: 56-77.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull Fish. Res. Bd. Can.* 191: 382 pp.
- Roden, G.I. 1954 Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: Marine geology of the Gulf of California. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 3:20-38 p.
- Roden, G.I. 1964 Oceanographic aspects of the Gulf of California, Marine geology of the Gulf of California. A symposium: Memories American Association Petrology Geological, 3:300-58 p.
- Romero-Ibarra, N. 1988. Alimentación de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Gunther) en el área de Bahía Magdalena, BCS, México. La Paz, BCS, México, CICIMAR-IPN, 54 p.
- Schwartzlose, R. A., Alheit, J., Bakun, A., Baumgartner, T. R., Cloete, R., Crawford, R. J. M., Fletcher, W. J., Green-Ruiz, Y., Hagen, E., Kawasaki, T., Luch-Belda, D., Luch-Cota, S. E., MacCall, A. D.,

- Matsuura, Y., Nevárez-Martínez, M. O., Parrish, R. H., Roy, C., Serra, R., Shust, K. V., Ward, M. N., & Zuzunaga, J. Z. (1999). Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *South African Journal of Marine Science*, 21, 289–347.
- Seijo, J., O Defeo, S. Salas. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Doc. Téc. Pesca, 368: 1-176.
  - Seijo, J.C., M. Solís & G. Morales. 1986. Simulación bioeconómica de la pesquería de pulpo (*Octopus maya*) de la plataforma continental de Yucatán. En: Ramírez, M. (ed.), *Simposium sobre la Investigación de Biología y Oceanografía Pesqueras en México*, CICIMAR, La Paz, B.C.S. México: 125-137.
  - Seijo J.C, Anderson, L.G. 2010. *Bieconomics of Fisheries Management*. Wiley-Blackwell, New York, 320 pp.
  - Sokolov, V. A., M. Wong R. 1973. Investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1971. *Inf. Cient. 2*. INP/ST:i2, México, 41 pp.
  - Sparre, P., S.C. Venema. 1998. *Introduction to tropical fisheries stock assessment. Part1: Manual*. Rome, Italy, FAO. 500 p
  - Velarde, E., M. S. Tordesillas, L. Vieyra, R. Esquivel. 1994. Seabirds as indicators of important fish populations in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 35: 137-143 p.
  - Walker, B.W. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California, *Symposium: The Biogeography of Baja California and adjacent Seas*. *Syst. Zool.* 9(3):123-133 p.

- Walker, Ian, F. Ordoñez, P. Serrano, J. Halpern (2000). Pricing Subsidies and the Poor – Demand for Improved Water Services in Central America. World Bank Policy Research Working Paper 2468 p.
- Whitehead, J.P.J. 1985. Clupeoid fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies and wolf-herrings. Part 1 – Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO Fisheries Synopsis 125, 7(1): 1-303.