

Tesis defendida por  
**Emiliano García Rodríguez**  
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

---

Dr. Oscar Sosa Nishizaki  
*Director del Comité*

---

Dr. José Rubén Lara Lara  
*Miembro del Comité*

---

Dr. Juan Pablo Lazo Corvera  
*Miembro del Comité*

---

Dra. Bertha Eugenia Lavaniegos Espejo  
*Coordinador del programa de posgrado  
en Ecología Marina*

---

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales  
*Director de Estudios de Posgrado*

11 de Julio de 2012

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DE ENSENADA**



---

**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS  
EN ECOLOGÍA MARINA**

---

**Análisis de la pesquería de tiburón azul en la costa oeste de  
Baja California con inferencias en el estado de la población.**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

EMILIANO GARCÍA RODRÍGUEZ

Ensenada, Baja California, México, 2012.

Resumen de la tesis de Emiliano García Rodríguez, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en ECOLOGÍA MARINA. Ensenada, Baja California. Julio 2012.

### **Análisis de la pesquería de tiburón azul en la costa oeste de Baja California con inferencias en el estado de la población.**

Resumen aprobado por:

---

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

El tiburón azul *Prionace glauca* es una especie que se encuentra ampliamente dispersada por todo el planeta y debido a su amplia distribución, alta abundancia y productividad moderada, esta considerado una especie resistente a la presión pesquera; pero debido a que es capturado en grandes cantidades de manera incidental o dirigida, las poblaciones pueden estar cerca de alcanzar el máximo rendimiento sostenible. En las aguas de la costa oeste de Baja California es la especie de tiburón más capturada por las embarcaciones de mediana altura, basadas en su mayoría en el Puerto El Sauzal en Ensenada, B.C. A pesar de esto ningún estudio para evaluar el estado de la población ha sido realizado. Este trabajo tuvo como objetivo hacer un análisis de la pesquería de tiburón azul en la costa oeste de Baja California, así como aplicar un modelo para inferir el estado de la población respecto al rendimiento máximo sostenible a partir de datos históricos de captura.

El análisis pesquero mostró que 25 embarcaciones de mediana altura dirigen la captura hacia esta especie. Se registró una captura de 704.29 t de tiburón azul (el 79% de la captura total de tiburón) en el período Marzo 2011 – Febrero 2012, siendo el mes de enero el de mayor captura (121.7 t). La CPUE varió entre 45.1 y 252.5 organismos/ 1000 anzuelos (abril y noviembre respectivamente) para número de organismos y entre 0.32 y 1.12 t/1000 anzuelos (para julio y enero respectivamente) para biomasa. La estructura de tallas varió entre 40.7 cm (abril) y 357.3 cm (agosto). El valor promedio fue de 143.6 cm LT.

El modelo ASPIC mostró que la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California se encuentra por encima del rendimiento máximo sostenible, y de igual manera proyecciones a 15 años aumentando la captura muestran que la población es capaz de resistir la presión pesquera a la que está siendo sometida. Sin embargo estos resultados deben de ser manejados con cierta precaución para estrategias de manejo, debido a la falta de información que se ha generado sobre la especie históricamente.

#### **Palabras Clave:**

Tiburón azul, pesquería, Baja California

Abstract of the thesis presented by Emiliano García Rodríguez as a partial requirement to obtain the MASTER OF SCIENCE degree in MARINE ECOLOGY. Ensenada, Baja California, Ensenada, Baja California. July 2012.

**Analysis of blue shark fishery in the west coast of Baja California with inferences in the state of the population.**

The blue shark *Prionace glauca* is a species that is widely dispersed in the whole world and because of this wide distribution, his high abundance and moderate productivity, is considered a species resistant to fishing pressures; but because it is captured in large quantities as a target species or incidentally, their populations could be close to the maximum sustainable yield. In the west coast of Baja California is the most caught shark species by the medium vessels, mostly based on El Sauzal harbor, in Ensenada, Baja California, Mexico. Despite this, no research has been made to assess the status of the population. This work had the objective of make an analysis of the blue shark fishery in the west coast of Baja California, and apply a model to infer the state of the population with respect to maximum sustainable yield based on historical catch data.

The analysis of the fishery shows that around 25 medium vessels have the blue shark as a target species. There was a catch of 704.29 t of blue shark (79% of the total catch of sharks) in the period March 2011 - February 2012, with January as the month with the highest catch (121.7 t). CPUE varied from 45.1 and 252.5 organisms/1000 hooks (for April and November respectively) for number of organisms, and from 0.32 and 1.12 t/1000 hooks (for July and January respectively) for biomass. The size structure varied from 40.7 cm (April) and 357.3 cm (August). The average value was 143.6 cm TL.

The ASPIC model show that the blue shark population of the west coast of Baja California is above the maximum sustainable yield, and the projections to 15 years from now with an increment in catch values, show that the population is able to withstand the fishing pressure to that is being submitted. However these results should be handled with some caution for management strategies, due to the lack of historical data that has been generated for the species.

**Keywords:**

Blue shark, fishery, Baja California

A mi familia

A los caídos en batalla

## Agradecimientos

Al Dr. Oscar Sosa Nishizaki por permitirme ser parte del laboratorio de Ecología Pesquera, por todo su apoyo, guía y confianza durante la elaboración de este trabajo.

A los miembros de mi comité, el Dr. Rubén Lara Lara y el Dr. Juan Pablo Lazo, por sus oportunos comentarios y aportes para la mejora de este trabajo.

A todos los que apoyaron en la colecta de información en el puerto El Sauzal y que aguantaron sesiones a veces un tanto tediosas. Gracias César, Brito, Rebe, Coshi, Carmen, Omar, Chichí, Melissa. Agradecimiento especial para César y Brito, sin su ayuda este trabajo no se hubiera logrado.

A todos los pescadores de El Sauzal por siempre estar dispuestos a apoyarnos en este trabajo. Un agradecimiento especial a Oscar Iwami y a la tripulación del B.M. Progreso I, capi José Fajardo, Pacheco, Pancho, Pepo, tío Pepe, por todo su apoyo y enseñanzas en altamar.

A todos los miembros del laboratorio de Ecología Pesquera por ser un gran grupo de trabajo. Gracias por todo su apoyo y su compañía tanto en el lab como en las salidas de campo.

A la M.C. Carmen Rodríguez por todo su apoyo y ayuda en este trabajo.

A CICESE por permitirme cursar mis estudios de maestría. Gracias a todos los investigadores, estudiantes y personal del Posgrado en Ecología Marina por sus enseñanzas.

A CONACyT por su apoyo económico con la beca de maestría No. 237075.

A la National Marine Fisheries Services por su apoyo para el financiamiento de este trabajo en el proyecto “Monitoreo de las capturas de especies de tiburón altamente migratorias en la pesca artesanal e industrial de la costa oeste de Baja California”.

A mis amigos y amigas, los que se encuentran en Ensenada y Veracruz, y los que andan vagando por otros lugares de este mundo. Gracias por hacer la vida más llevadera.

A todos los miembros de mi familia por siempre estar ahí. Gracias a mis jefes, María y Arturo y a mi carnal Arturo.

## CONTENIDO

	Página
Resumen español .....	i
Resumen inglés .....	ii
Dedicatorias .....	iii
Agradecimientos .....	iv
Contenido .....	vi
Lista de Figuras .....	viii
Lista de Tablas .....	x
1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	8
2.1 Objetivo general .....	8
2.2 Objetivos específicos .....	8
3. Análisis de la pesquería .....	10
3.1 Metodología .....	10
3.2 Resultados .....	13
3.2.1 Características de la flota palangrera .....	13
3.2.2 Características de la captura y determinación de la CPUE ....	15
3.2.3 Análisis de la estructura de tallas .....	20
3.2.4 Zonas de pesca .....	21
3.3 Discusión .....	24
3.3.1 Características de la flota palangrera de mediana altura .....	24
3.3.2 Características de la captura y determinación de la CPUE ....	25
3.3.3 Análisis de la estructura de tallas y zonas de pesca .....	28

4. Aproximación al estado de la población .....	30
4.1 Metodología .....	30
4.1.1 Construcción de la serie de tiempo de capturas y esfuerzos ....	30
4.1.2 Aplicación del modelo .....	32
4.2 Resultados .....	35
4.2.1 Construcción de la serie de tiempo .....	35
4.2.2 Aplicación del modelo .....	35
4.3 Discusión .....	42
4.3.1 Construcción de la serie de tiempo .....	42
4.3.2 Aplicación del modelo .....	43
5. Conclusiones generales .....	48
Referencias bibliográficas .....	50
Anexos .....	59

## LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Esquema del palangre utilizado en la captura de tiburones en Baja California.	10
2	Longitudes registradas en los desembarques de tiburón azul en el Puerto El Sauzal, Ens., B. C. Longitud alterna (LA) y longitud total (LT).	12
3	Captura total de tiburones (CT) y de tiburón azul (TA) en t de la flota de mediana altura en el puerto del Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011 – Febrero 2012.	18
4	CPUE de tiburón azul en número de organismos/ 1000 anzuelos en el puerto del Sauzal, Ens. B. C. en el período Marzo 2011 – Febrero 2012.	19
5	CPUE de tiburón azul en t/ 1000 anzuelos en el puerto El Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011 – Febrero 2012.	20
6	Estructura de tallas para longitud total calculada (LT) del tiburón azul en el puerto El Sauzal, Ens. B.C en el período Marzo 2011 – Febrero 2010 con valores máximos y mínimos.	21
7	Estructura de tallas para longitud total calculada (LT) de el tiburón azul en el puerto del Sauzal, Ens. B.C. en el período Marzo 2011 – Febrero 2012.	22

## LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figuras		Página
8	Zonas de pesca de la flota tiburonera del puerto del Sauzal, Ens., B. C., en el período Marzo 2011 – Febrero 2012.	23
9	Trayectorias de los radios de B(Biomasa) respecto de los valores en el rendimiento máximo sostenible para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California.	37
10	Trayectorias de los radios de F(mortalidad) respecto de los valores en el rendimiento máximo sostenible para la población de tiburón azul en en la costa oeste de Baja California.	38
11	Trayectoria de CPUE (Ton/1000 anzuelos) observado y calculado por el modelo ASPIC para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California.	39
12	Proyecciones del radio de biomasa respecto de la biomasa en el rendimiento máximo sostenible (B/Bmsy) para la población de tiburón azul en en la costa oeste de Baja California usando tres simulaciones. La primera con captura igual a la de 2011 (Y1), la segunda con captura igual a dos veces la de 2011 (Y2) y la tercera con captura igual a dos veces la de 2011 para los primeros 7 años y de dos veces y media para los siguientes 8 años.	40
13	Proyecciones del radio de la mortalidad respecto de la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible (F/Fmsy) para la población de tiburón azul en en la costa oeste de Baja California usando tres simulaciones (valores expresados $10^{-1}$ ). La primera con captura igual a la de 2011 (Y1), la segunda con captura igual a dos veces la de 2011 (Y2) y la tercera con captura igual a dos veces la de 2011 para los primeros 7 años y de dos veces y media para los siguientes 8 años.	41

## LISTA DE TABLAS

Tablas		Página
I	Descripción de las características de la flota palangrera de mediana altura en el puerto del Sauzal, Ens, B. C. en el período marzo 2011 – febrero 2012	14
II	Composición de la captura mensual en número de organismos en la pesca de mediana altura de tiburones del puerto El Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011-Febrero 2012.	15
III	Composición mensual de las capturas de tiburones en peso desembarcado ( <i>t</i> ) en la pesca de mediana altura del puerto El Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011-Febrero 2012.	17
IV	Valor inicial de los parámetros del modelo de biomasa para la población de tiburón azul <i>Prionace glauca</i> en el Pacífico noreste mexicano.	34
V	Serie histórica construida de captura y CPUE ( <i>t</i> / 1000 anzuelos) para tiburón azul en la costa oeste de Baja California a partir de datos de SAGARPA – CONAPESCA para el período 1997 – 2011.	35
VI	Parámetros obtenidos en el modelo ASPIC para la población para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California.	36

# 1. Introducción

---

En general los elasmobranquios son depredadores tope que tienen baja mortalidad natural, crecimiento lento, madurez tardía y, por lo tanto, una baja productividad (Camhi, 2008). Debido a estos aspectos de su ciclo de vida, los elasmobranquios no pueden sostener una alta explotación pesquera, y sus tiempos de recuperación son prolongados (Camhi, 2008; Cortés, 2008; Simpfendorfer *et al.*, 2008). El impacto ecológico en los océanos por la extracción de depredadores tope, como los tiburones, no está bien definido, por lo que un manejo precautorio de estas especies es requerido para asegurar que las poblaciones no colapsen, que el sistema siga funcionando y que su pesquería sea sustentable (Stevens *et al.*, 2000; Simpfendorfer *et al.*, 2008).

Los tiburones pelágicos son organismos que ocupan una gran cantidad de hábitats en prácticamente todas las latitudes del planeta y frecuentemente son capturados por las pesquerías de manera incidental o en algunas zonas de manera intencional (Aires da Silva *et al.*, 2008; Camhi *et al.*, 2008; Sosa Nishizaki *et al.*, 2008). Las pesquerías que capturan directamente estos organismos lo hacen para satisfacer los mercados internacionales de aletas y los locales principalmente de su carne (Camhi *et al.*, 2008).

La mayoría de los tiburones son capturados incidentalmente en los palangres que capturan atunes, pez espada y marlín y a menudo representan una porción muy importante de la captura total, e incluso a veces llegan a exceder los valores de la captura objetivo (Camhi, 1999). Históricamente han sido desechados por el bajo valor de sus productos, sin embargo ante la creciente demanda de aletas y carne de tiburón, el tiburón azul ha dejado de ser descartado (Camhi *et al.*, 2008; Clarke *et al.*, 2006).

Debido a que han sido una captura incidental, no existen series de datos de sus capturas. Incluso en lugares donde estas capturas son monitoreadas, no hay una distinción entre las especies y a menudo sólo son reportadas como capturas de tiburón (Camhi *et al.*, 2008). En países en desarrollo es aún más difícil de estimar la captura, ya que muchas veces no se cuentan con datos de la pesquería artesanal que suele ser muy importante en estas regiones (Camhi, 2008). Según Bonfil (1994) estas capturas están subestimadas y pueden ser el doble de lo reportado debido a una proporción desconocida que no es reportada, el pobre mantenimiento de los reportes y a subregistros deliberados. En México, las capturas de tiburones son todavía reportadas sin considerar la composición específica. Además, a los tiburones se les divide en dos categorías: cazón que son aquellos tiburones con una longitud total menor a 150 cm y tiburón cuando los organismos son de mayor talla (Castillo Géniz, 1992).

Durante el período 1988 – 2002, en el océano Atlántico, 4,275,000 t de elasmobranchios fueron capturados (285,00 t/año). En el océano Pacífico en ese mismo período 3,993,000 t fueron capturadas (266,000 t/año), mientras que en el océano Índico 3,466,000 t fueron capturadas (231,000 t /año)(FAO, 2006 citado en Camhi *et al.*, 2008)

Entre 1992 y 2002, las capturas de tiburones en costas mexicanas fueron de 28,952 t, de las cuales el 67% se capturaron en las costas del océano Pacífico. En 2010 la captura de tiburones en costas mexicanas fue de 27009 t, de las cuales 22028 t se realizaron en las costas del Pacífico y 3047 t fueron desembarcadas en Baja California. Las principales especies capturadas fueron el tiburón azul, el tiburón zorro, tiburón martillo, entre otros. Estas especies son capturadas por las pesquerías artesanales, los palangres pelágicos y las pesquerías de redes (Camhi *et al.*, 2008; Sosa Nishisaki *et al.*, 2008; SAGARPA – CONAPESCA, 2010).

El tiburón azul, (*Prionace glauca*, Linnaeus, 1758) se distribuye mundialmente en aguas templadas y tropicales entre los 60° N y 50° S. Es una especie oceánica y epipelágica que puede estar en la superficie hasta 600 m de profundidad; ocasionalmente se encuentra en zonas cercanas a la costa (Compagno, 1974; Nakano y Stevens, 2008). Es una especie relativamente grande, que puede alcanzar los 383 cm de longitud total, con un crecimiento similar entre machos y hembras (Nakano y Stevens, 2008); en las costas de Baja California se encontró una talla máxima de 270 cm (Blanco Parra *et al.*, 2008). En el Pacífico norte

alcanzan la madurez a los 200 cm, mientras que en el Pacífico sur los machos maduran entre los 229-235 y las hembras entre los 205 – 229 cm (Nakano y Stevens, 2008)

El tiburón azul es una especie altamente migratoria con movimientos relacionados con su reproducción y la distribución de sus presas. Es capaz de realizar movimientos verticales de varios cientos de metros en respuesta a la distribución de sus presas, y se distribuye entre temperaturas de 12 – 20°C, y en aguas tropicales puede distribuirse a profundidades mayores (Nakano y Stevens, 2008). Kohler y Turner (2008) mencionan que esta especie realiza grandes migraciones transoceánicas en el océano Atlántico y en el océano Pacífico (Nakano y Stevens, 2008); incluso se ha propuesto un modelo de movimiento para el Pacífico central norte donde la reproducción se da en el verano a los 20-30° N y las hembras migran al norte para parir el siguiente verano entre los 35-45°N. Los juveniles ocupan las áreas de crianza, donde se encuentran las mayores biomásas de presas, por 5 ó 6 años antes de madurar y dirigirse hacia aguas más al sur de las áreas de crianza (Nakano, 1994).

Su dieta incluye pequeños peces pelágicos (clupeidos y escómbridos) y cefalópodos, sobre todo calamares, invertebrados, pequeños tiburones, cetáceos e incluso aves (Compagno, 1984; McCord y Campana, 2003). En el Pacífico norte se ha encontrado que las presas más importantes fueron los cefalópodos (90% de la biomasa total de presas), destacando el calamar *Chiroteuthis calyx*, mientras

que en las costas de California, E.U.A. y Baja California las presas más importantes de su dieta son la anchoveta *Engraulis mordax*, (de la cual se alimenta en las noches) y los cefalópodos *Histioteuthis heteropsis*, *Gonatus californiensis* y *Loligo opalescens* (Tricas, 1977; Tricas, 1979; Kubodera *et al.*, 2007, Markaida y Sosa Nishizaki, 2010). Markaida y Sosa Nishizaki (2010) mencionan que el tiburón azul se alimenta de una gran variedad de cefalópodos y que puede tener un papel muy importante como carroñero.

Al tiburón azul se le considera la especie de tiburón pelágico más abundante en el mundo (Nakano y Stevens, 2008), y es la especie de tiburón más capturada, ya sea de manera incidental o dirigida (Bonfil, 1994; Aires da Silva *et al.*, 2008). Bonfil (1994) estimó que las capturas de tiburón azul a nivel mundial eran de alrededor de 6.2-6.5 millones de individuos, mientras que Clarke *et al.*(2006) indican que se capturan alrededor de 7.5 millones de individuos para satisfacer el mercado de aletas, en el que el azul es la especie más importante. En la costa de Baja California se registraron 1180 t desembarcadas para esta especie en 2010 (CONAPESCA - SAGARPA, 2010).

Debido a su amplia distribución, alta abundancia y productividad moderada, este tiburón es considerado una especie resistente a la presión pesquera (Nakano y Stevens, 2008). Sin embargo estudios más precisos sobre el estado de las poblaciones deben de ser realizados para conocer el estatus real de la especie por región. El objetivo de las evaluaciones del estado de las poblaciones

sometidas a presiones pesqueras, es informar a las autoridades encargadas de formular estrategias de manejo y al sector productivo, las consecuencias de la toma de diferentes acciones de manejo en base al tamaño de población que resulte del análisis; para esto es necesario usar la mejor información científica disponible (Mc Allister *et al.*, 2008). La falta de datos sobre las capturas de las especies, de su historia de vida y estructura del stock, y la deficiencia de datos sobre la mortalidad total, provoca que la mayoría de las evaluaciones de las poblaciones estén basadas en datos provenientes de otras regiones, o que sean supuestos de otros estudios, que no son los ideales para una evaluación de poblaciones sofisticada (Camhi, 2008).

Clarke (2003) sugiere que las poblaciones de tiburón azul a nivel mundial están siendo explotadas en tasas que están cercanas (o pueden llegar a exceder) el rendimiento máximo sostenible. La Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico (ICCAT) realizó en el 2005 la primera evaluación de las poblaciones de tiburón azul en el Atlántico Norte y en el Atlántico sur utilizando datos de capturas de los lances de palangres de atún y pez espada, e indicaron que ambas poblaciones se encuentran por arriba del rendimiento máximo sostenible (ICCAT, 2005; Babcock y Nakano, 2008).

Una evaluación de la población del tiburón azul en el Pacífico norte fue realizada por Kleiber *et al.* (2009) y mencionan que las poblaciones han estado decreciendo y al menos se encuentran muy cerca a los valores del rendimiento máximo

sostenible, por lo que si la mortalidad por pesca continua mostrando la tendencia actual, la población se mantendrá por encima del rendimiento máximo sostenible por al menos 15 años, por lo que se recomienda disminuir la presión pesquera existente.

A pesar de que esta especie es la más capturada en la región norte de la costas del Pacífico mexicano (Cartamil *et al.* 2010; SAGARPA 2012), ninguna evaluación de la población se ha realizado hasta la fecha, por lo que este trabajo busca realizar un análisis de la pesquería industrial de tiburón azul y hacer inferencias sobre el estado de la población mediante el uso de un modelo bayesiano, para poder hacer una estimación del estado de la población con respecto al rendimiento máximo sostenible y si ésta es capaz de soportar la presión pesquera a la que está siendo sometida.

La presente tesis está estructurada por capítulos, dos de los cuales son independientes que incluyen la siguiente información: en el capítulo 2 se describen los objetivos del estudio. Posteriormente en el capítulo 3 se aborda el tema de la descripción de la pesquería, en donde se incluye la metodología para el análisis, los resultados y su discusión. En el capítulo 4 se describe la metodología, los resultados y la discusión del análisis del estado de la población del tiburón azul en aguas frente a la península de Baja California. Por último en el capítulo 5 se presentan las conclusiones generales y en la 6 las referencias de este trabajo.

## 2. Objetivos

---

### 2.1 Objetivo general.

Analizar los aspectos pesqueros más importantes del tiburón azul, *Prionace glauca*, en las aguas de la costa oeste de Baja California y hacer una aproximación al estado actual de la población.

### 2.2 Objetivos específicos.

Análisis de la pesquería

Analizar las capturas de tiburón azul capturado por la flota de mediana altura basada en el puerto El Sauzal, Ensenada, B.C.

Calcular el índice de CPUE (en número de organismos y biomasa por 1000 anzuelos) para las capturas del tiburón azul realizadas por la flota de mediana altura basada en el puerto El Sauzal, Ensenada, B.C.

Describir la variación temporal en la estructura de tallas del el tiburón azul capturado por la flota de mediana altura basada en el puerto El Sauzal, Ensenada, B.C.

Identificar las principales zonas de captura del tiburón azul capturado por la flota de mediana altura basada en el puerto El Sauzal, Ensenada, B.C.

## Aproximación al estado de la población

Construcción de una serie histórica de capturas y CPUE (1997 – 2011) para el tiburón azul capturado en la costa oeste de Baja California.

Aplicación de un modelo bayesiano para hacer una aproximación al estado actual de la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California con respecto de la biomasa en la captura máxima sostenible (*Bmsy*).

Realizar estimaciones de como se comportaría la población de tiburón azul *P. glauca* en la costa oeste de Baja California bajo escenarios de captura y mortalidad variables.

### 3 Análisis de la pesquería de tiburón azul en el Puerto del Sauzal, Ensenada, B. C.

#### 3.1 Metodología

La pesca de mediana altura de tiburones en la costa de Baja California está basada en el Puerto El Sauzal, localizado en Ensenada, B. C., el cual es su principal puerto de arribo. Otro puerto que recibe capturas importantes de este grupo de especies es el puerto de San Carlos en B. C. S. Esta pesquería realiza sus operaciones por medio del palangre, que es un arte de pesca que consta de una línea principal de mono o multifilamento, denominada “línea madre” dividida por secciones, líneas de soporte denominadas “orinques” unidas a flotadores, que dividen cada sección y líneas secundarias denominadas “reinales”, las cuales son generalmente cinco o seis por sección. Los reinales están constituidos generalmente por un candado o seguro para unirlos con la línea madre, destorcedores, alambrada o cadena y anzuelo (Figura 1). Durante la operación los anzuelos de los reinales llevan una carnada que puede ser algún pez pelágico menor o calamar (Arredondo Álvarez *et al.*, 2006).

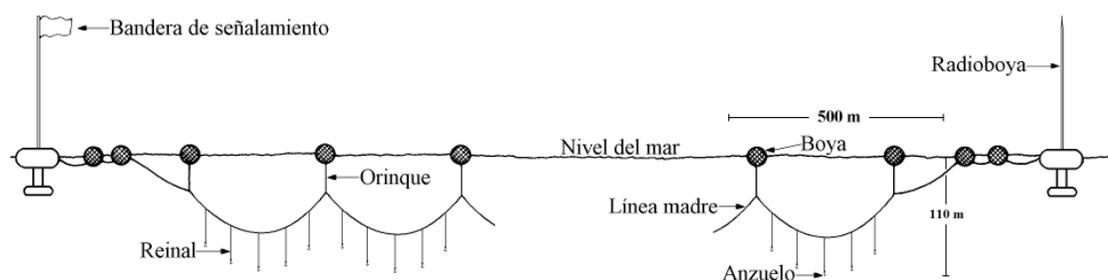


Figura 1. Esquema del palangre utilizado en la captura de tiburones en Baja California. Santana Hernández, 2001.

Las actividades pesqueras de las embarcaciones se observaron a través de visitas al puerto con el objetivo de registrar los desembarques de la flota que se dedica a la pesca de tiburones en el período marzo 2011 y febrero 2012. En los muestreos se trató de obtener la mayor cantidad de datos posibles (de acuerdo a la disposición de los capitanes y pescadores presentes), tanto de las características del viaje de pesca, como de las características de las capturas.

Para caracterizar los viajes de pesca se registro en una bitácora diseñada ex profeso con las siguientes variables: número de lances realizados, número de anzuelos por lance, tipo de anzuelo, posición geográfica de los lances, tipo de carnada, profundidad del lance y temperatura. Los datos de la captura que se registraron fueron: especies capturadas (especies objetivo e incidentales), la captura total por especies (tanto en peso como en número de organismos) y en la medida de lo posible se obtuvieron mediciones de los organismos. La longitud registrada fue la longitud alterna (LA) (Fig. 2) debido a que es la única que puede ser tomada, ya que los organismos llegan a puerto como troncho (sin cabeza, vísceras ni aletas). Sólo en algunos casos fue posible registrar la longitud total (LT).

De acuerdo a la información obtenida se realizaron análisis para observar el comportamiento de la captura mensual del tiburón azul y su proporción en la captura respecto a las otras especies. Se estimó un índice de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en número de organismos (Número de organismos/1000

anzuelos) y en biomasa (t/1000 anzuelos), y se generaron mapas de la distribución de las capturas.

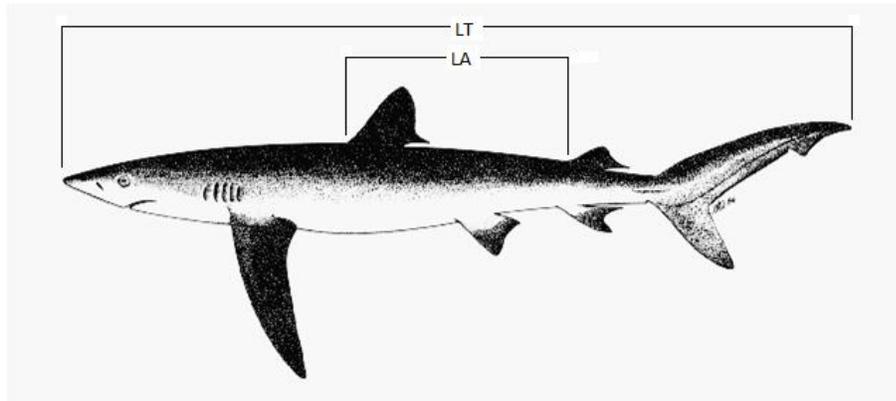


Fig. 2. Longitudes registradas en los desembarques de tiburón azul en el Puerto El Sauzal, Ens., B. C. Longitud alterna (LA) y longitud total (LT).

## **3.2 Resultados.**

---

### **3.2.1 Características de la flota palangrera.**

La flota palangrera de mediana altura del puerto El Sauzal, está constituida por 23 embarcaciones de longitud entre 15 y 25 m, y se dedica a la pesca de tiburones. Del total de embarcaciones de la flota, solo se observaron operaciones de 19 embarcaciones. La línea madre utilizada por estas embarcaciones tenía una longitud entre las 19 y 30 millas, y utilizaban entre 850 y 1100 anzuelos por lance. La longitud de los reinales fue generalmente de 5 a 8 metros y el anzuelo utilizado es el “Noruego” del número 1 ó el “tiburonero” del número 9.

De las 19 embarcaciones en las cuales se observó operación, se registraron 60 viajes en el período marzo 2011 – febrero 2012., en los cuales el número de lances promedio por viaje fue de 12, la longitud de línea promedio fue de 23 millas y se utilizaron 1100 anzuelos por lance en promedio. La principal especie utilizada como carnada fue la macarela aunque en algunos casos se utilizó calamar (Tabla I).

**Tabla I Descripción de las características de la flota palangrera de mediana altura en el puerto del Sauzal, Ens, B. C. en el período marzo 2011 – febrero 2012.**

<i>Embarcación</i>	<i>Viajes de pesca registrados</i>	<i>Días de pesca registrados</i>	<i>Lances por viaje</i>	<i># Anzuelos por lance</i>	<i>Longitud de la línea(mi)</i>	<i>Carnada</i>
1	1	16	14	1100	25	Macarela
2	4	57	11	1200	23	Macarela
3	2	32	15	1200	25	Macarela
4	5	74	12	1100	24	Macarela
5	5	60	10	950	20	Macarela
6	2	39	16	1100	30	Macarela
7	2	34	13	950	25	Macarela
8	1	15	12	1300	28	Macarela
9	2	30	14	1000	19	Macarela
10	9	124	12	1050	24	Macarela
11	2	31	15	1000	22	Calamar y macarela
12	2	28	11	900	24	Macarela
13	2	18	6	859	22	Macarela
14	1	14	12	1000	24	Macarela
15	4	66	16	1200	24	Macarela
16	4	44	8	1000	22	Macarela
17	10	115	13	1500	20	Macarela
18	1	6	4	900	23	Macarela y calamar
19	1	15	13	1000	22	Macarela

### 3.2.2 Características de la captura y determinación de la CPUE

La especie objetivo fue tiburón azul (*Prionace glauca*) y tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) en 53 de los viajes, y de igual manera fueron las especies más capturadas, aunque algunas embarcaciones (9) dirigieron la pesca al pez espada (*Xiphias gladius*) durante los meses de verano. La captura incidental estuvo compuesta por otros tiburones dentro de los cuales los más importantes fueron el tiburón tresher (*Alopias* sp.) y el tiburón salmón (*Lamna ditropis*), el cual tuvo niveles de captura relativamente altos en los meses de marzo y abril. Dentro de los peces óseos los más importantes fueron la opa (*Lampris guttatus*) y el pez espada (*X. gladius*) (Tabla II).

**Tabla II. Composición de la captura mensual en número de organismos en la pesca de mediana altura de tiburones del puerto El Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011-Febrero 2012.**

	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ags</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>
<b>Especies objetivo</b>										
Tiburón azul <i>Prionace glauca</i>	5577	7334	10807	19298	3919	4452	519	2273		2198
Tiburón mako <i>Isurus oxyrinchus</i>	190	440	418	98	43	105	270	141	20	16
<b>Especies incidentales</b>										
Tiburón tresher <i>Alopias vulpinus</i> , <i>A. pelagicus</i> , <i>A. superciliosus</i>	71	37	32			22	22	2	25	7

---

Tiburón salmon <i>Lamna ditropis</i>	119	618	155						6
Tiburón sulfin <i>Galeorhinus galeus</i>	27		49						
Tiburón café <i>Carcharhinus sp.</i>						20			
Tiburón cornuda <i>Sphyrna sp.</i>						4		2	
Tiburón blanco <i>Carcharodon carcharias</i>			1						
Opa <i>Lampris guttatus</i>	2	41	116	10	82	75	23		
Pez espada <i>Xiphias gladius</i>	1	29	5	2	5	3		15	5
Atún <i>Thunus sp.</i>	1	1	2	3					
Jurel <i>Seriola lalandi</i>						27			
Pez perro <i>Ruvettus pretiosus</i>	26	315	65	1	9	3	10		35
Dorado <i>Coryphaena hippurus</i>							20		

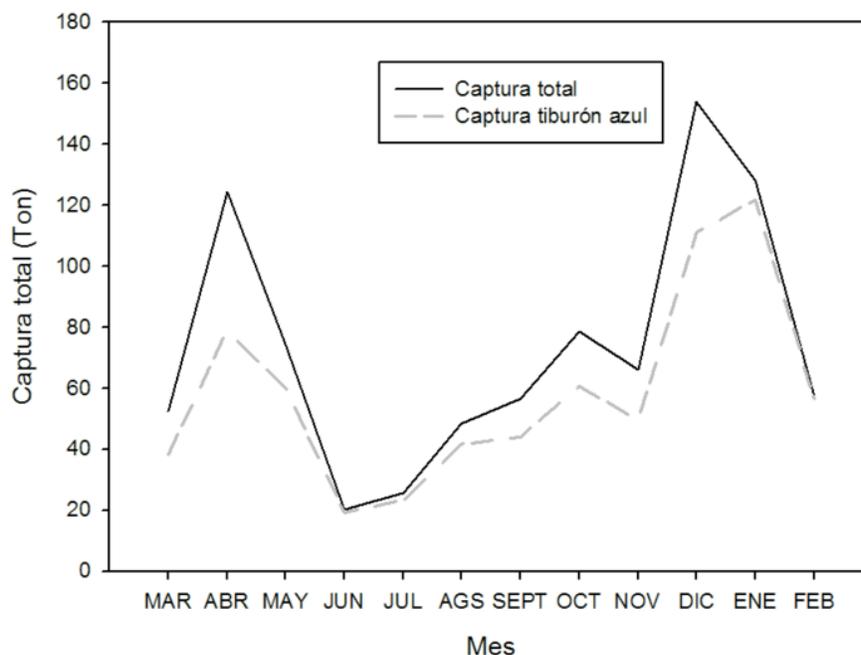
---

Durante el periodo de marzo de 2011 a febrero 2012 se desembarcó una total de 885.16 t de tiburón, de las cuales 704.29 t fueron de tiburón azul, lo que representó el 79.5% de la captura. Abril fue el mes en el que menor porcentaje representó (63.3 %) y febrero el mes en el que fue más importante (98.7 %). La

captura mensual total de tiburones de la flota palangrera varió entre 20.3 y 153.6 t (junio y diciembre respectivamente), mientras que la captura específica de tiburón azul estuvo entre las 19.2 y 121.7 t (junio y enero respectivamente). (Tabla III; Fig 3).

**Tabla III. Composición mensual de las capturas de tiburones en peso desembarcado (t) en la pesca de mediana altura del puerto El Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011-Febrero 2012.**

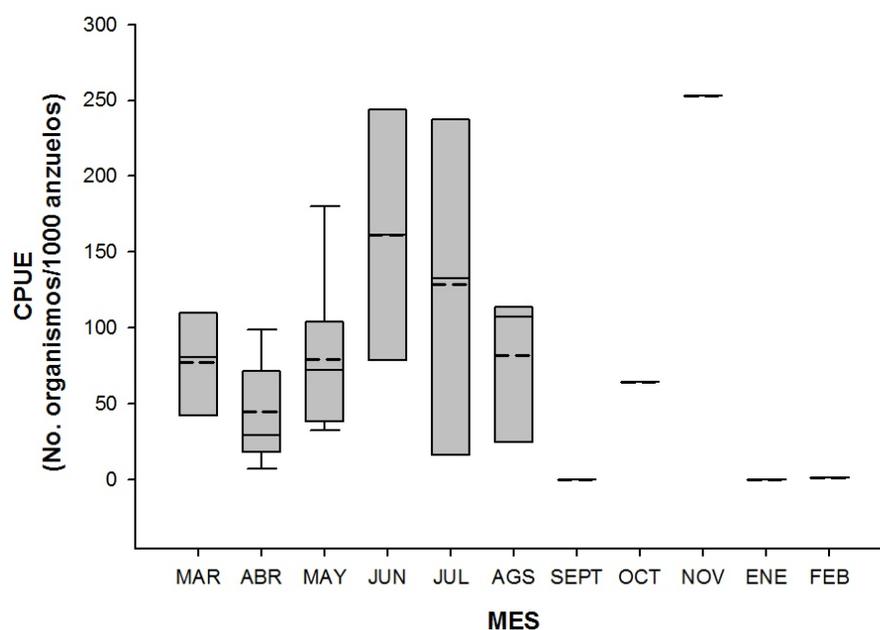
	<i>Azul</i>	<i>Mako</i>	<i>Tresher</i>	<i>Salmon</i>	<i>Sulfin</i>	<i>Martillo</i>	<i>Blanco</i>	<i>Café</i>
<b>Marzo</b>	38.0077	3.6294	3.850	6.2080	0.667			
<b>Abril</b>	78.8255	9.2710	2.609	28.4995				
<b>Mayo</b>	60.0919	4.9876	1.897	6.9503	0.435		0.011	
<b>Junio</b>	19.2980	1.0430						
<b>Julio</b>	23.2490	1.5350	0.700					
<b>Agosto</b>	41.6290	5.1720	0.821			0.202		0.448
<b>Septiembre</b>	44.0000	3.9500	0.850					
<b>Octubre</b>	60.3700	10.6030	0.916					
<b>Noviembre</b>	49.6640	10.1850	3.110					
<b>Diciembre</b>	110.9700	6.1000	0.600					
<b>Enero</b>	121.7500	4.1400	1.400					
<b>Febrero</b>	56.4430	0.3000	0.036					



**Figura 3. Captura total de tiburones (CT) y de tiburón azul (TA) en t de la flota de mediana altura en el puerto del Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011 – Febrero 2012.**

Debido a la variedad de maniobras que utilizan las embarcaciones para descargar el producto, no fue posible registrar el número de organismos en todos los desembarques. Sin embargo la captura en biomasa si fue registrada en su totalidad. El esfuerzo pesquero (E) por mes se estimó multiplicando el número de lances registrado para todos los viajes registrados durante el mes por el número de anzuelos por lance declarado por los capitanes de cada embarcación. La CPUE se calculó con base en el número de organismos capturados por cada 1000 anzuelos (#Organismos/1000 anzuelos) o la biomasa capturada por cada 1000 anzuelos (t/1000 anzuelos). El único mes para el que no fue posible calcular el

CPUE fue diciembre, ya que en este mes no se pudo obtener información con los pescadores acerca de los viajes de pesca. Los datos de CPUE con base en el número de organismos variaron entre 45.1 y 252.5 organismos/ 1000 anzuelos para abril y noviembre respectivamente (con un valor promedio de 106.1, Fig. 4). La CPUE en términos de biomasa varió entre 0.32 y 1.12 t/1000 anzuelos para julio y enero respectivamente (con un valor promedio de 0.67, Fig. 5).



**Figura 4. CPUE de tiburón azul en número de organismos/ 1000 anzuelos en el puerto del Sauzal, Ens. B. C. en el período Marzo 2011 – Febrero 2012. La línea punteada representa el valor medio y los valores dentro de las cajas muestran el 70% de los datos.**

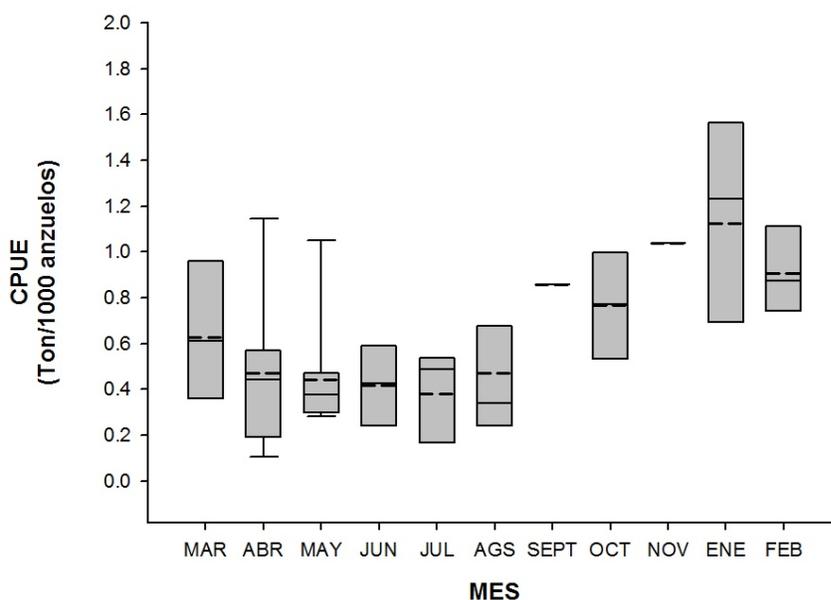


Figura 5. CPUE de tiburón azul en t/ 1000 anzuelos en el puerto El Sauzal, Ens. B. C., en el período Marzo 2011 – Febrero 2012. La línea punteada representa el valor medio y los valores dentro de las cajas muestran el 70% de los datos.

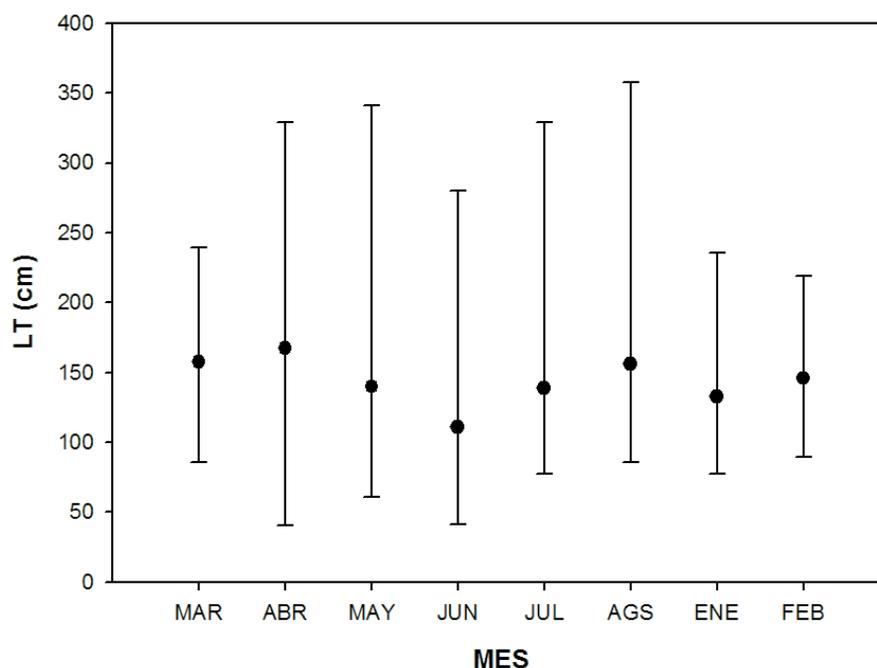
### 3.2.3 Análisis de la estructura de tallas

La estructura de tallas se estimó con las longitudes totales calculadas a partir de mediciones de longitud alterna (LA) propias, a partir de la ecuación:

$$LT = (LA - 0.9545) / 0.2463 \quad (1)$$

donde LT es longitud total y LA es longitud alterna.

Los valores individuales más bajos de LT se registraron en abril (40.7 cm) y los más altos en agosto (357.3 cm). Sin embargo en general los valores más altos se presentaron en el mes de abril ( $\bar{x} = 167.28$  cm) (Fig. 6 y 7). Los valores promedio fueron de 143.6 cm LT.

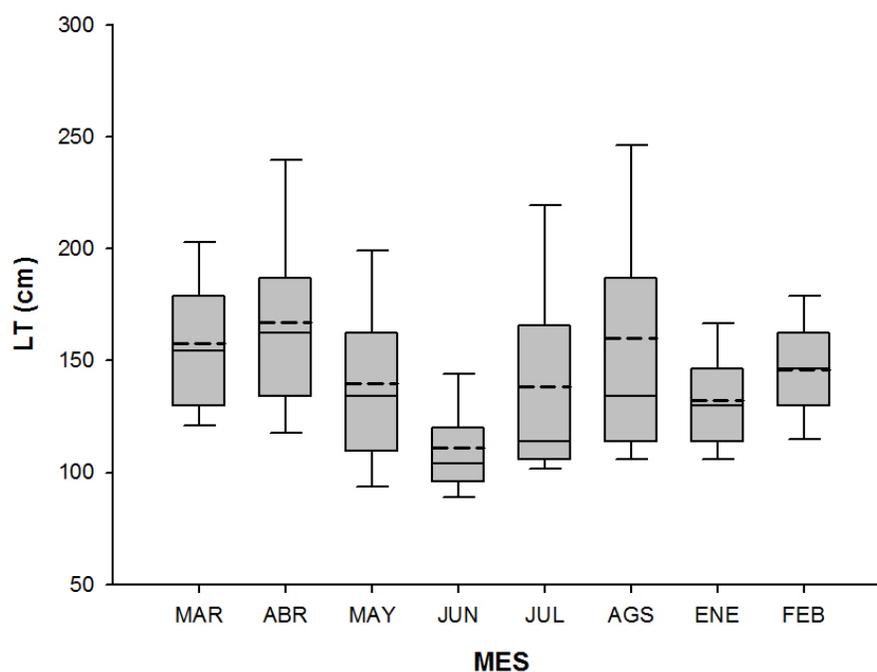


**Fig. 6. Estructura de tallas para longitud total calculada (LT) del tiburón azul en el puerto El Sauzal, Ens. B.C en el período Marzo 2011 – Febrero 2010. Las barras representan los valores máximos y mínimos.**

### 3.2.4 Zonas de pesca

Se realizó un análisis de Kernel en el programa ArcGis10 para representar las zonas de mayor número de viajes realizados (densidades de viajes de pesca).

(Fig. 8). La mayor cantidad de lances registrados geográficamente se dio en los meses de Abril y Mayo concentrándose en las zonas frente a Punta Baja y al noroeste de isla Guadalupe, entre los 30°- 32° N y los 117 – 120° W, siendo la primera zona la más importante durante todo el período de estudio.



**Fig. 7. Estructura de tallas para longitud total calculada (LT) de el tiburón azul en el puerto del Sauzal, Ens. B.C. en el período Marzo 2011 – Febrero 2012. La línea punteada representa el valor medio y los valores dentro de las cajas muestran el 70% de los datos.**

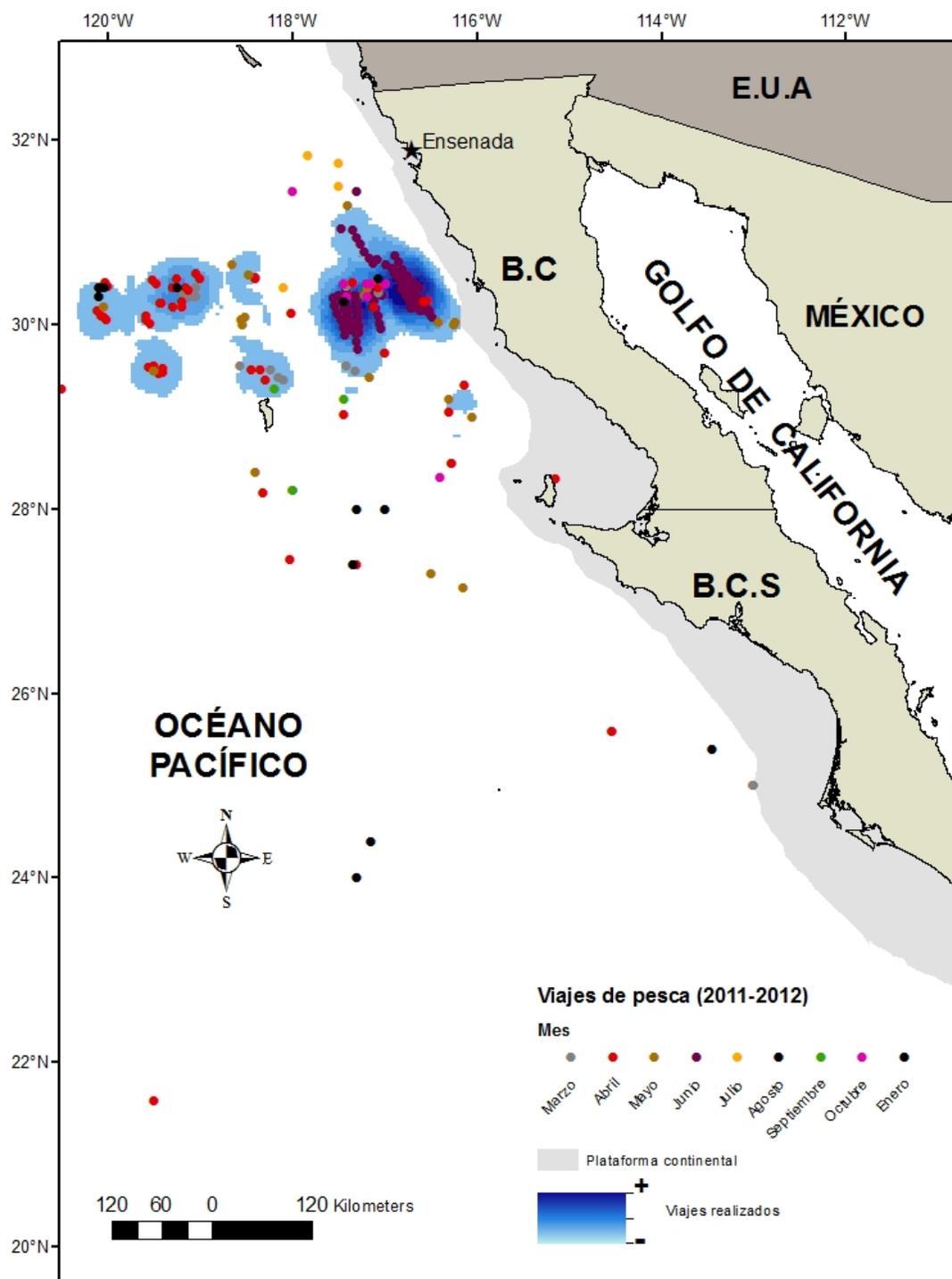


Figura 8. Zonas de pesca de la flota tiburonera del puerto del Sauzal, Ens., B. C., en el período Marzo 2011 – Febrero 2012.

### 3.3 Discusión

---

#### 3.3.1 Características de la flota palangrera de mediana altura.

La flota palangrera basada en el puerto El Sauzal en Ensenada, B.C. es parecida a otras flotas palangreras que trabajan en el Pacífico mexicano, como la de mediana altura basada en Manzanillo, Colima, ya que las características de sus artes de pesca son similares, tanto en longitud de línea madre, número de anzuelos utilizados y longitud de los reinales (Vögler *et al.*, 2012). Ambas dirigen su pesca al tiburón, sin embargo la flota basada en manzanillo tiene como especie objetivo al tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* y como segunda especie en importancia al tiburón azul; también difieren en que la flota de Manzanillo pesca en zonas más costeras y sus embarcaciones poseen menor autonomía de operación (Vögler *et al.*, 2012). Sin embargo, la flota palangrera de altura basada en Manzanillo es muy diferente a la radicada en El Sauzal en cuanto al tamaño de sus embarcaciones, ya que las embarcaciones son de mayor tamaño (40 – 50m), su autonomía es mayor y utilizan una línea madre de hasta 75 km con 2270 anzuelos. Esta flota primordialmente dirige su pesca a picudos y captura el tiburón azul de manera incidental (Santana Hernández, 2001; Vögler *et al.*, 2012),.

La flota de mediana altura basada en el Puerto El Sauzal ha ido cambiando a través del tiempo su especie objetivo. En la década de los 90, la flota de mediana

altura dirigía su pesca a picudos (pez espada) utilizando redes de deriva, y paulatinamente a partir de 1997 empezaron a cambiar su arte de pesca por palangres y dirigiendo la pesca hacia el tiburón (Holts y Sosa Nishizaki, 1998; Furlong Estrada, 2000; Guerrero Maldonado, 2005; Sosa Nishizaki *et al.*, 2008; Escobedo Olvera, 2009). Durante esta época y hasta alrededor de 2008, la captura de tiburón azul en la pesca con redes de deriva significaba hasta el 50% de la captura incidental cuando la especie objetivo era pez espada, sin embargo esto no ocurría durante todo el año, ya que una buena parte del año la captura iba dirigida a tiburón tresher. A partir de 1997, el tiburón azul comenzó a ser más importante debido a que su aceptación como alimento para consumo humano, empezó a ser mayor y por consecuencia su comercialización más sencilla (Guerrero Maldonado, 2005, Sosa Nishizaki *et al.*, 2008). Debido a la prohibición de la pesca con redes de deriva (NOM 029 PESC, 2006), recientemente (2010 fue el último año en que una embarcación con red de deriva como arte de pesca pescó en la región), todos los barcos cambiaron a palangres, dirigiendo su captura hacia tiburones y pez espada (durante su temporada), situación en la que se encuentra actualmente.

### **3.3.2 Características de la captura y determinación de la CPUE**

De las flotas palangreras basadas en Manzanillo, Col., la flota de altura tenía como especie objetivo a los picudos y la captura de tiburón azul representaba el 6.2 % de la captura total. La flota de mediana altura tenía como objetivo al tiburón

sedoso y la captura de tiburón azul representaba el 6.5% de la captura total (Santana Hernández, 2001; Cruz Ramírez *et al.*, 2008). La captura del tiburón azul de la flota palangrera basada en el puerto El Sauzal significó un porcentaje mucho mayor a la de las flotas palangreras antes mencionadas (79.5 % de la captura total), confirmando que es la especie más importante en la captura de la flote palangrera radicada en este puerto (Furlong Estrada, 2000). Además es importante mencionar que la captura total en número de organismos registrada para la flota de altura (1587 organismos para el período 1994-1996 y 3991 para el período 2000 – 2002) y para la flota palangrera de mediana altura basadas en Manzanillo, Col., (2927 organismos entre 2003 y 2009) (Vögler *et al.*, 2012), es menor a lo reportado en este trabajo

Baja California ocupa el tercer lugar en producción pesquera de tiburón en el Pacífico mexicano, después de Sinaloa y Baja California Sur (CONAPESCA – SAGARPA, 2010). Sin embargo estos estados tiene una mayor captura de otras especies de tiburón como el tiburón sedoso *C. falciformis*, por lo que probablemente la pesca de tiburón azul de la flota palangrera del Puerto del Sauzal sea la más importante en la captura de este recurso.

La captura total de tiburón azul para el período de estudio fue de 704.2 t, una cantidad menor a lo estimado para años anteriores donde se alcanzaron capturas estimadas de hasta 2253 t (ver capítulo II; SAGARPA – CONAPESCA, 2011). Durante los meses de verano se presentó una disminución en la captura de

tiburones y se empezó a detectar una gran abundancia de calamar (Capt. José Fajardo com. pers.), por lo que muchas embarcaciones hicieron el cambio de arte de pesca para dirigir su captura a esta especie, ya que los gastos de maniobra son más bajos. Además algunas embarcaciones se desplazaron a otras zonas dentro del golfo de California a practicar otras pesquerías, mientras que otras fueron rentadas para trabajar en encierros de atún (Obs. pers).

La CPUE en número de organismos fue bastante elevada (106 organismos/1000 anzuelos) en comparación a otros índices para la misma especie (Santana Hernández, 2001; ICAAT, 2005; Kleiber *et al.*, 2009;) como la CPUE de la flota palangrera japonesa entre 1972 y 2002 que fue de entre 15 y 25 org/1000 anzuelos, mientras que para el Pacífico mexicano fue de entre 2 y 5.6 org/1000 anzuelos. Hay que tener en cuenta que en estas flotas la pesca de tiburón azul es incidental (Santana Hernández, 2001; Kleiber *et al.*, 2009). Aunque se ha reportado que la eficiencia en la captura de tiburón azul (porcentaje de anzuelos que presentan captura de organismos) por la flota palangrera del puerto del Sauzal puede ser de hasta el 50 % (Guerrero Maldonado, 2005), el alto valor de la CPUE respecto de los obtenidos para las otras flotas, puede deberse a que el índice no se pudo calcular durante todo el período de estudio. Además hay que resaltar que los valores más altos se presentaron en los meses en los que el esfuerzo disminuyó (verano), por lo que podría estar ocasionando una sobrestimación del índice.

### 3.3.3 Análisis de la estructura de tallas y zonas de pesca.

La estructura de tallas obtenidas en el presente estudio tuvo un rango entre 40.7 cm y 357.3 cm LT con una media de 143.6 cm LT, lo que muestra una disminución en la talla promedio reportada en el año 2000 (150 – 180 cm LT) por Furlong Estrada, y difiere a lo reportado para lo capturado en las flotas palangreras de Manzanillo (188 – 202 cm LT) (Vögler *et al.*, 2012). Sin embargo las tallas obtenidas en este estudio coinciden con lo descrito para la zona sur de la península de Baja California (131 – 150 cm LT). Esto demuestra que la captura está afectando a organismos juveniles o subadultos, de acuerdo a lo reportado por Nakano y Stevens (2008), quienes mencionan que los machos alcanzan la madurez a los 203 cm LT y las hembras a los 212 cm, y que los subadultos se encuentran en zonas por debajo de los 35° N. Esta captura de organismos subadultos puede deberse a que la captura se da en zonas donde se mezclan áreas de crianza y alimentación (Blanco Parra *et al.*, 2008).

Se cree que los tiburones azules adultos se distribuyen tanto en zonas cálidas como en templadas durante todo el año (20° – 35° N) (Nakano y Stevens, 2008), mientras que los juveniles han mostrado tendencia a distribuirse en general en zonas con temperaturas entre los 15° y 18° C. Los juveniles se concentran en la zona norte del pacífico mexicano en primavera y verano, mientras que durante el invierno se distribuyen en zonas cercanas a la parte sur de la península de Baja

California donde se han registrado CPUE entre 10 y 20 org/1000 anzuelos (Vögler *et al.*, 2012).

Debido a la importancia del tiburón azul en la pesca de mediana altura en el Pacífico noroeste mexicano, es importante dar un seguimiento a la dinámica de la flota palangrera que tiene a esta especie como parte importante de sus capturas, ya que es esta flota la que probablemente tenga mayor efecto sobre esta población, al parecer sobre todo en etapas juveniles. Es por esto que es necesario un registro de la información biológico – pesquera (volúmenes de captura por especie, número de organismos capturados, estructura de tallas, zonas de captura, biología reproductiva) más preciso de la especie para un mejor análisis del efecto de la pesca en la población de tiburón azul y poder establecer medidas de manejo que permitan que el recurso sea explotado de manera sostenible.

## **4. Aproximación al estado de la población**

### **4.1 Metodología**

---

La estimación del estado de la población se realizó utilizando un modelo bayesiano de producción excedente; sin embargo para la aplicación de este modelo es necesario contar con una serie de tiempo de capturas y esfuerzos pesqueros. Debido a que no existe una serie de esta índole para tiburón azul en la costa oeste de Baja California fue necesaria construirla a partir de los datos pesqueros existentes (anuarios estadísticos pesqueros) y los recolectados en el presente estudio, para posteriormente poder ejecutar el modelo.

#### **4.1.1 Construcción de la serie de tiempo de capturas y esfuerzos.**

Para construir la serie de capturas se emplearon los indicadores de captura histórica de elasmobranquios (y en específico de tiburones) de la Subdelegación de Pesca de SAGARPA en Baja California (1970 – 2010) así como los datos de los anuarios estadísticos pesqueros de CONAPESCA (p.ej. Anuario 2010).

La serie de captura se construyó a partir de 1997, debido a que es en ese año en que empieza la conversión de embarcaciones de redes de deriva hacia palangres, principalmente para la captura de pez espada. Las artes de pesca que se utilizaban antes de 1997 en la pesca de mediana altura (redes de deriva) iban

dirigidas a la captura de tiburón tresher y la captura incidental de tiburón azul era mínimas (Escobedo Olvera, 2009).

Los registros históricos de los reporte oficiales de SAGARPA - CONAPESCA no distinguen entre especies de tiburón (la distinción se da a partir de 2007) por lo que se tuvo que estimar la proporción de la captura que pudo pertenecer a tiburón azul. Para este trabajo se asumió que toda la captura de tiburón azul procede de la pesca de mediana altura, ya que a pesar de que la pesca de tiburones en Baja California se da también por parte de la flota artesanal, los volúmenes de captura de tiburón de esta flota son mínimos en comparación a los de la flota de mediana altura, y que la mayoría son capturados con redes, una arte de pesca donde la captura de tiburón azul no es importante (Sosa Nishizaki *et al.*, 2008). En los campos pesqueros artesanales donde se utilizan palangres para la captura de tiburones se han descrito volúmenes de alrededor de 2120 organismos de tiburón azul en un período de 4 años (Cartamil *et al.*, 2011), volumen que no es representativo debido a que es mínimo comparado a lo capturado por la flota de mediana altura.

Para el esfuerzo pesquero se utilizó el supuesto que este esfuerzo no ha variado desde que empezó la pesquería. A partir de las capturas totales de tiburones registradas en SAGARPA – CONAPESCA, se calculó la captura correspondiente para el tiburón azul tomando en cuenta la proporción de 79.5% que se encontró en el análisis de la captura en el Puerto El Sauzal (sección II). Una vez obtenida la

estimación de la captura de tiburón azul en el período 1997 – 2011, se calculó el CPUE (t/ 1000 anzuelos).

#### 4.1.2 Aplicación del modelo

Se aplicó el modelo ASPIC (A Stock-Production Model Incorporating Covariates), utilizando el software versión 5.05. Este modelo es un modelo bayesiano de producción excedente, que utiliza series de captura y CPUE para realizar los cálculos. Como primer paso se utilizan valores iniciales para los parámetros del modelo, y con ellos se realiza una serie de simulaciones ajustando los datos y calculando el valor estimado de dichos parámetros que mejor se ajusten al modelo. Se estima la biomasa en el rendimiento máximo sostenible  $B_{msy}$  y predice el comportamiento que puede presentar la biomasa estimada en un período de tiempo proyectado (Prager, 2004). Este modelo está basado en el modelo de biomasa de Schaefer (Prager, 1994):

$$\frac{dB_t}{dt} = rB_t - \frac{r}{K} B_t^2 - F_t B_t \quad (2)$$

Donde  $r$  es la tasa intrínseca de crecimiento de la población,  $K$  es la capacidad de carga,  $B$  es la biomasa en el tiempo  $t$  y  $F$  es la mortalidad por pesca en el tiempo  $t$  (que puede ser entendido como un factor de la captura y proporcional al esfuerzo pesquero a través de un coeficiente de capturabilidad constante  $q$ ). En este

modelo la  $B_{msy}$  (biomasa en la captura máxima sostenible) es la mitad de  $K$ . Para que  $B_{msy}$  tome diferentes valores se ajusta a una versión generalizada de este modelo descrita por Fletcher (1978) y citado por Babcock y McCallister (2003) donde se utiliza un parámetro de forma  $n$  y la captura máxima sostenible  $m$ :

$$\frac{dB_t}{dt} = gm \frac{B_t}{K} - gm \left( \frac{B_t}{K} \right)^n - F_t B_t \quad (3)$$

Donde:

$$g = \frac{n^{n/n-1}}{n-1} \quad (4)$$

donde el punto de inflexión está dado por

$$\phi = \frac{B_{MSY}}{K} = \left( \frac{1}{n} \right)^{1/n-1} \quad (5)$$

Cuando  $n = 2$  el punto de inflexión ocurre a  $K = 0.5$  y es idéntico al modelo de Schaefer.

El modelo se corrió asumiendo los parámetros de entrada descritos en la tabla IV. Posteriormente se hicieron proyecciones en el mismo modelo a 15 años utilizando 3 valores de captura diferente. El primero asumiendo que la captura se mantiene constante, el segundo asumiendo que la captura incrementa al doble de la actual y

el tercero asumiendo que la captura será el doble de la captura actual en los primeros 7 años y posteriormente aumentará en un 50%.

**Tabla IV. Valor inicial de los parámetros del modelo de biomasa para la población de tiburón azul *Prionace glauca* en el Pacífico noreste mexicano.**

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
B1/K (biomasa al inicio del modelo)	1
MSY (captura máxima sostenible)	1.1 E3
K (capacidad de carga)	2.4 E4
q (coeficiente de capturabilidad)	3.1 E-4

## 4.2 Resultados

---

### 4.2.1 Construcción de la serie de tiempo.

La serie de captura y CPUE construidas muestran los valores más altos entre 2007 y 2009 y denotan una disminución considerable en la captura (alrededor del 50%) entre la captura calculada en 2010 y la observada en 2011 (Tabla V).

**Tabla V. Serie histórica construida de captura y CPUE (t/ 1000 anzuelos) para tiburón azul en la costa oeste de Baja California a partir de datos de SAGARPA – CONAPESCA para el período 1997 – 2011.**

<i>Año</i>	<i>Captura total (ton)</i>	<i>CPUE (t/1000 anzuelos)</i>
1997	594.05	0.420790
1998	983.37	0.696561
1999	464.77	0.329216
2000	1061.09	0.751613
2001	1290.63	0.914206
2002	1175.40	0.832584
2003	1457.56	1.032449
2004	1643.09	1.163868
2005	1358.58	0.962338
2006	1249.31	0.884937
2007	1516.01	1.073852
2008	1806.13	1.279355
2009	2253.69	1.596380
2010	1439.72	1.019812
2011	704.30	0.677858

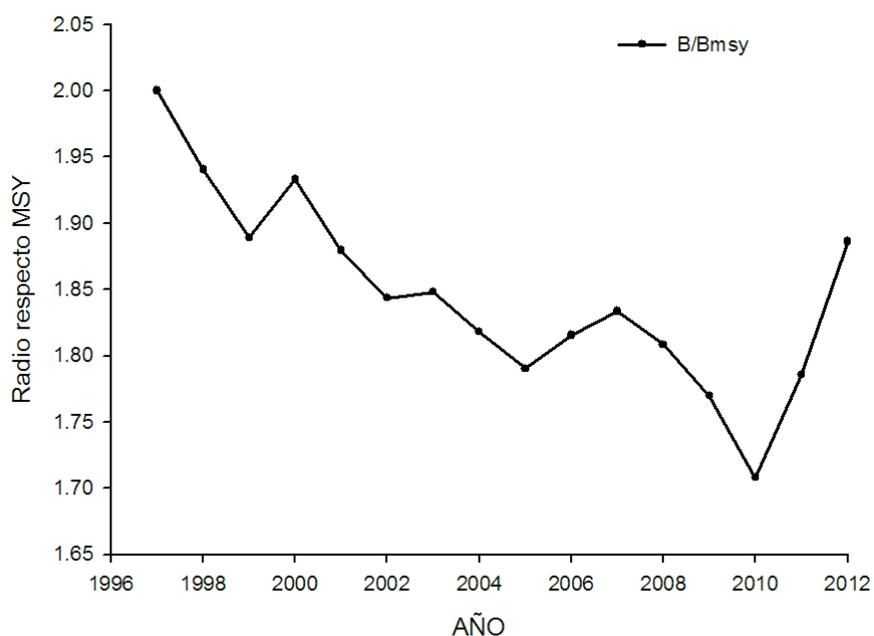
#### 4.2.2 Aplicación del modelo

El modelo fue corrido haciendo 500 simulaciones con el método de “bootstrapping” para eliminar el sesgo y el error del cálculo, así como para establecer intervalos de confianza para los valores obtenidos. Los valores obtenidos como resultado de correr el modelo arrojan que la biomasa en el último año del modelo resultó ser dos veces mayor que la biomasa en el rendimiento máximo sostenible. Así mismo la capacidad de carga de la población ( $K$ ) resultó ser 119000 t y la captura en el rendimiento máximo sostenible igual a 56300 t (Tabla VI). Los datos obtenidos para la Bmsy y  $K$  deben de tomarse con cautela debido a que el modelo puede subestimar los valores calculados; por lo tanto es mejor utilizar los ratios de biomasa respecto al máximo rendimiento sostenible para tener una mejor idea del comportamiento de la población.

Los primeros valores estimados por el modelo de la relación biomasa respecto a la biomasa en el rendimiento máximo sostenible resultaron en valores de 2.00 y 1.904 y disminuyó hasta llegar a un mínimo en 2010 (1.71) y recuperarse para terminar con un valor de 1.7 en 2011 y 1.89 en 2012 (Fig. 9). La mortalidad con relación a la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible resultó ser 0.30 en 2009 y 0.09 para el 2011 (Fig. 10).

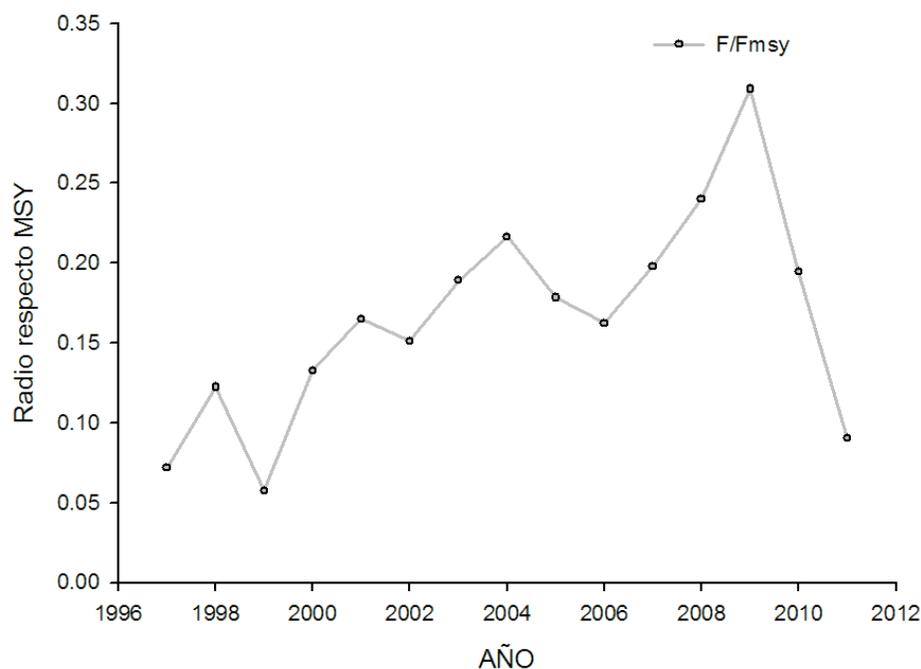
**Tabla VI. Parámetros obtenidos en el modelo ASPIC para la población para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California.**

<i>Parámetro</i>		<i>Valor</i>
B1/K	Biomasa al inicio del modelo respecto de K	1.00E+00
K	Capacidad de carga de la población	1.19E+05
q(1)	Coefficiente de capturabilidad	6.56E-06
MSY	Captura máxima sostenible	5.63E+04
Ye(2012)	Captura proyectada para 2012	5.89E+01
Y.(Fmsy)	Radio de captura respecto a la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible	7.72E+04
Bmsy	Biomasa en el rendimiento máximo sostenible	5.93E+04
B./Bmsy	Radio de la biomasa respecto de la biomasa en el rendimiento máximo sostenible	1.99E+00
F./Fmsy	Radio de la mortalidad respecto de la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible	9.04E-02
Ye./MSY	Captura respecto a la captura en el rendimiento máximo sostenible	2.59E-02

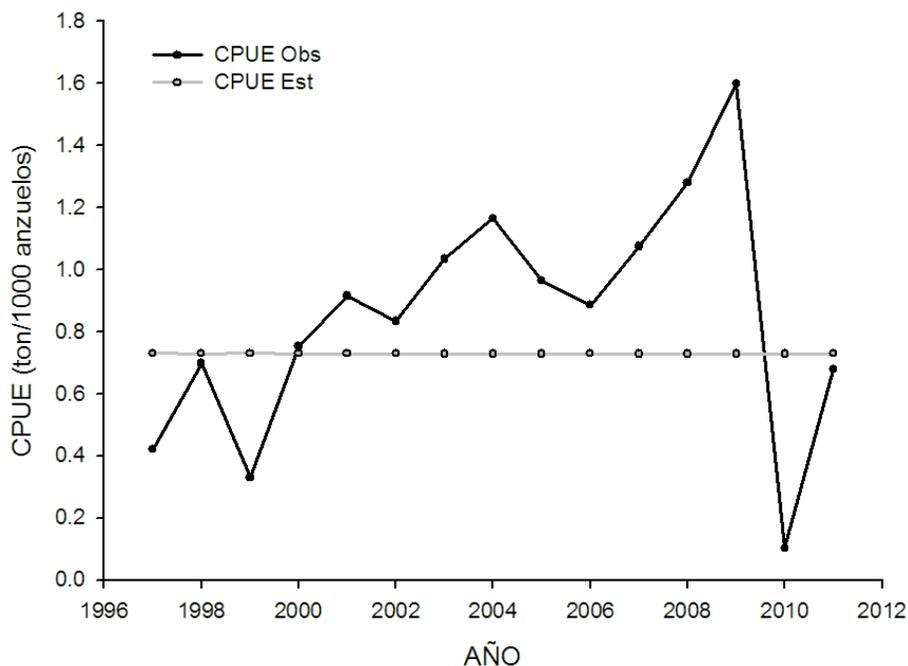


**Figura 9. Serie de tiempo de los radios de B(Biomasa) respecto de los valores en el rendimiento máximo sostenible para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California.**

El CPUE aumentó progresivamente hasta alcanzar un máximo de 1.6 t/1000 anzuelos para luego disminuir a un mínimo de 0.1 t/1000 anzuelos en 2010 y aumentar nuevamente en 2011 con un valor medio de 0.67 t/1000 anzuelos (Fig. 11). Los valores de CPUE estimados utilizando resultaron ser constantes y similares al valor obtenido en el 2011 (0.72 t/1000 anzuelos). Esto se puede explicar debido a que el modelo calcula el CPUE a partir de los datos de captura y no le da un peso equitativo a los datos de esfuerzo, por lo que realiza el ajuste de los datos basándose en la captura, utilizándola como el elemento de análisis primordial y sobre el que se basa la mayor parte de la simulación..



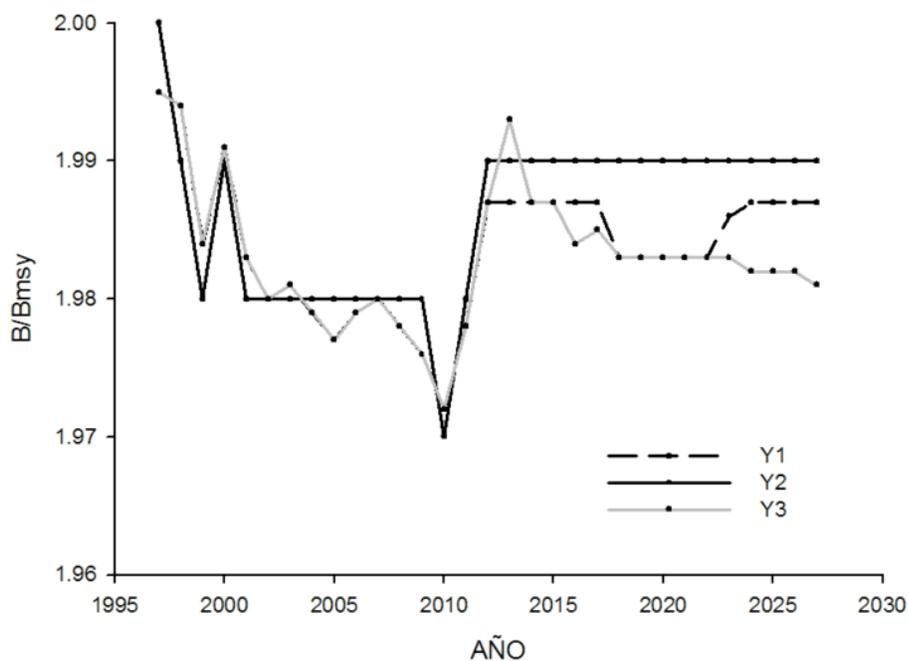
**Figura 10. Trayectorias de los radios de F(mortalidad) respecto de los valores en el rendimiento máximo sostenible para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California.**



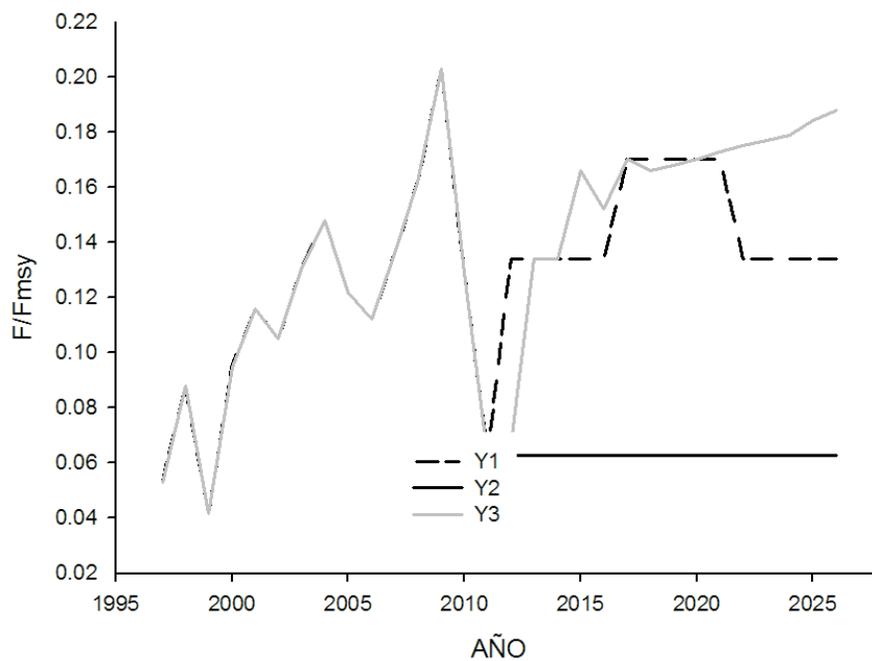
**Figura 11. Trayectoria de CPUE (Ton/1000 anzuelos) observado y calculado por el modelo ASPIC para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California.**

Se hicieron proyecciones a 15 años tomando 3 valores de captura diferentes. Los resultados utilizando un 80% de confiabilidad, mostraron que el mayor radio entre la biomasa y la biomasa en el rendimiento máximo sostenible ( $B/B_{msy} = 2.00$ ) se encontró cuando se usó una captura constante similar a la del último año del modelo (i. e., en el 2011). Sin embargo los valores obtenidos en las otras dos simulaciones (utilizando valores de captura constante dos veces mayores a la observada en 2011 para la primera y una captura del doble de la de 2011 en los primeros 7 años y de dos veces y media la captura de 2011 para los siguientes 8

años en la segunda) fueron muy similares variando entre 1.98 y 1.99 (Fig 12). Estas simulaciones también arrojaron valores del radio de la mortalidad respecto de la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible con un 80% de confiabilidad, donde la mortalidad en relación a al mortalidad en el rendimiento máximo sostenible se mantiene constante después del 2011 en la primera simulación y aumenta a un radio de 0.18 en la tercera simulación (Fig. 13.)



**Fig 12. Proyecciones del radio de biomasa respecto de la biomasa en el rendimiento máximo sostenible (B/Bmsy) para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California usando tres simulaciones. La primera con captura igual a la de 2011 (Y1), la segunda con captura igual a dos veces la de 2011 (Y2) y la tercera con captura igual a dos veces la de 2011 para los primeros 7 años y de dos veces y media para los siguientes 8 años.**



**Fig 13. Proyecciones del ratio de la mortalidad respecto de la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible ( $F/F_{msy}$ ) para la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California usando tres simulaciones (valores expresados  $10^{-1}$ ). La primera con captura igual a la de 2011 (Y1), la segunda con captura igual a dos veces la de 2011 (Y2) y la tercera con captura igual a dos veces la de 2011 para los primeros 7 años y de dos veces y media para los siguientes 8 años.**

## 4.3 Discusión

---

### 4.3.1 Construcción de la serie de tiempo.

La serie de tiempo construida para la captura se inició a partir de 1997 debido a que antes de este año la mayor parte de la flota de mediana altura utilizaba redes de deriva como arte de pesca dirigida al pez espada y es difícil estimar la proporción de tiburón azul que pudo haber sido capturado incidentalmente. Escobedo Olvera (2009) menciona que para el período 1999 – 2008 (para una embarcación de red de deriva), alrededor del 50% de la captura incidental de la pesca de red de deriva dirigida a pez espada corresponde a tiburón azul. Sin embargo el pez espada no era la especie objetivo para este tipo de embarcaciones durante todo el año, por lo que es difícil estimar la captura de tiburón azul. Adicionalmente muchas ocasiones esta especie era descartada y sólo se aprovechaban sus aletas (ya que no había mercado para su carne). Esta práctica actualmente está prohibida (NOM 029 PESC, 2006) y ya no se practica.

Adicionalmente la captura de tiburón azul por parte de la pesca artesanal en las costas de Baja California es mínima si se compara con los valores obtenidos en la pesca de mediana altura (SAGARPA – CONAPESCA, 2006 – 2008; Cartamil *et al.* 2011). Por esto se decidió iniciar la serie de tiempo para la captura cuando empieza la pesca con palangre que es una pesca más específica y que se vuelve dirigida al tiburón azul en el 2004 (Capitán José Fajardo com, pers.).

La tendencia de las capturas muestran un aumento paulatino hasta alcanzar un máximo entre 2005 y 2009, lo cual concuerda con la evolución de la flota palangrera de mediana altura en el puerto del Sauzal que empezó a dirigir totalmente su pesca hacia el tiburón azul en el 2004, y al hecho de que a partir del 2006 el registro de datos se empezó a hacer más específico, ya que empezó a considerar el registro a nivel de especie de tiburón azul en ciertas oficinas de pesca (SAGARPA - CONAPESCA, 2011).

#### **4.3.2 Aplicación del modelo.**

El modelo escogido para inferir el estado de la población para este estudio (ASPIC), es un modelo bayesiano de excedente de producción, que asume que las poblaciones naturales se reproducen a una tasa mayor de la que necesitan para mantenerse estables. Este tipo de población puede ser explotada por las pesquerías de manera racional (Prager, 2004). La captura máxima que puede soportar la población (MSY) está basada justamente en este excedente. Este tipo de modelos tiene ventajas sobre otros como los demográficos que utilizan datos de la biología de los organismos y asumen una distribución de edades estable denso independiente donde la incorporación de la mortalidad por pesca ( $F$ ) es añadida a la mortalidad natural ( $M$ ) y puede llevar a un error al calcular el nivel al que  $F$  llega al punto en que su tasa de crecimiento es igual a 0 ( $r=0$ ), ya que el valor de  $M$  es muy difícil de estimar (Cortés, 1998, 2007). Modelos de excedentes

de producción como el ASPIC o el BSP (Bayesian Surplus Production) utilizan datos de captura y algún índice de abundancia (CPUE) para hacer inferencias sobre los valores de MSY de la población creando intervalos de confianza para el arreglo de los datos que brindan un mayor grado de precisión, debido a que la naturaleza de estos datos (captura y CPUE) es más conocida que los datos biológicos. Además presentan estimaciones cuantitativas relativas para estrategias de manejo de los recursos (Prager, 1994, 2004; ICCAT, 2003). Sin embargo estos modelos presentan desventajas de precisión ante modelos bayesianos más complejos que incorporan estructuras de captura por edad y talla aunados a datos de pesca y esfuerzo (inclusive de varios stocks) (Fournier *et al.*, 1998; Hampton y Fournier, 2001). Sin embargo estos modelos bayesianos más complejos requieren una gran cantidad de información biológica – pesquera, que en el caso de las poblaciones de elasmobranquios en México son deficientes (Sosa Nishizaki *et al.*, 2008).

El modelo ASPIC arrojó valores para la biomasa en el año 2011 casi dos veces mayores al rendimiento máximo sostenible, lo que implica que la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California se encuentra en un estado saludable. Esto coincide con lo planteado por Kleiber *et al.* (2009) para la población de tiburón azul en el Pacífico norte, quienes usando un modelo de excedente de producción (BSP) encontraron que la captura se encuentra al 75% de la captura en el rendimiento máximo sostenible. En ese mismo trabajo utilizando un método agregado (MULTIFAN) se encontró que el radio  $B/B_{msy}$  era

de 1.2 en el rendimiento máximo sostenible y que la mortalidad se encuentra al 50% de la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible. Este valor es un valor más alto de lo reportado en este trabajo, quizás debido a que utilizaron una serie de tiempo de 30 años en una zona donde la explotación de tiburón azul por la flota palangrera japonesa ha sido intensa, en contraste con la pesquería de tiburón azul en el pacífico noroeste mexicano que por ser una pesquería relativamente nueva no se ha sido expuesta a altos niveles de captura.

Los valores de  $B/B_{msy}$  obtenidos en el presente estudio (1.79) coinciden de igual manera con el estatus para la población de tiburón azul en el Atlántico propuesto por la ICCAT (2005), donde el radio calculado de  $B/B_{msy}$  fue 1.5. Esto indica un estado de la población por encima del rendimiento máximo sostenible, con una  $K$  de alrededor de 3.5 millones de toneladas.

La mortalidad por pesca cuando se alcanza el rendimiento máximo sostenible para la población de tiburón azul en este trabajo, es mucho menor a lo estimado para la especie en el Pacífico mexicano (0.17) y para el Pacífico norte (0.2) (Guerrero Maldonado, 2005; Kleiber *et al.*, 2009). Esto puede ser explicado debido a que los valores obtenidos del modelo pueden estar sobrestimados si  $K$  está siendo sobrestimada (por lo que es mejor tomar los radios de la mortalidad respecto de la mortalidad en el rendimiento máximo sostenible). Además hay que tener en cuenta que de acuerdo a las estimaciones del modelo esta población no ha sido expuesta a demasiada presión pesquera por lo que se necesitaría de una mayor mortalidad

para alcanzar niveles donde la población empiece a disminuir. También es importante mencionar que el modelo utilizado no considera los diferentes grupos de edad que están siendo explotados por las pesquerías, lo cuál podría afectar en mayor medida al estatus de la población (Guerrero Maldonado, 2005).

En general, la mayoría de los estudios realizados estudiando el efecto de la pesca sobre las poblaciones de tiburón azul han mostrado que este efecto no ha sido significativo hasta la fecha, y que las poblaciones en general se encuentran explotadas por debajo de su el rendimiento máximo sostenible (Nakano *et al.*, 1999; ICCAT, 2005; Babcock y Nakano, 2008; Simpfendorfer *et al.*, 2008; Kleiber *et al.*, 2009). Ninguno de estos estudios puede demostrar que el stock de tiburón azul se encuentre en riesgo. Sin embargo algunos estudios indican que las poblaciones de tiburón azul pueden estar siendo explotadas a tasas muy cercanas al rendimiento máximo sostenible (Clarke, 2003). Es posible que como esta especie de tiburón (y elasmobranchios en general) tiene una tasa de crecimiento alta ( $r=0.34$ ) (Cortés, 2002; Cortés 2005; Kleibert *et al.*, 2009), soporta las presiones pesqueras a que ha sido sometida sin afectar hasta ahora a sus poblaciones a niveles significativos (Hueter y Simpfendorfer, 2008).

A pesar de que este modelo ha dado resultados positivos que coinciden con lo reportado por otras evaluaciones de población para la especie, y muestra que la biomasa de la población de tiburón azul se encuentra explotada por debajo del rendimiento máximo sostenible, esta información debe de ser tomada con

precaución por las autoridades competentes para el manejo de la pesquería debido a la limitada información con que se cuenta (Kleiber *et al*, 2008). Es imperativo establecer una mejor recolecta de los datos biológico – pesqueros que permitan realizar mejores estimaciones del comportamiento de la población ante la presión pesquera.

Además es necesario obtener mayor y mejor información para poder hacer un análisis más preciso para estimar los cambios y efectos en la captura y en el esfuerzo pesquero específicamente para tiburón azul, tanto en los registros de Baja California, como en los de Baja California Sur y demás estados del Pacífico mexicano que hayan explotado esta especie.

Así mismo, es recomendable aplicar otro tipo de modelos agregados que integren datos de captura, estructura de edades y otros parámetros biológicos de la especie, que nos permitan entender mejor la situación en que se encuentran la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California y en general en el Pacífico noroeste mexicano.

Es importante considerar que si bien no es totalmente precisa la información con respecto de la situación de la población de tiburón azul en la costa oeste de Baja California, la pesquería de esta especie es de suma importancia en la zona y específicamente en la pesca de mediana altura, por lo que es necesario plantear estrategias de manejo para que la pesquería sea sustentable.

## 5. Conclusiones

---

El tiburón azul es la especie más importante en la captura de la flota palangrera de mediana altura del Puerto del Sauzal, Ensenada, B.C., y una de las especies más importantes en la pesca de mediana altura en el Pacífico mexicano.

Actualmente la flota palangrera basada en el puerto de El Sauzal consiste en 23 embarcaciones de entre 15 y 25 m de eslora. En un viaje de pesca promedio se realizan 12 lances con una línea madre de alrededor de 23 millas náuticas con 1100 anzuelos. La carnada más común utilizada por esta pesquería es la macarela. La especie objetivo es el tiburón azul y en algunos meses la captura es dirigida al pez espada.

El CPUE calculado resultó en un valor de 106.1 org/1000 anzuelos y 0.67 t/1000 anzuelos, teniendo valores máximos en noviembre (252.5 org/1000 anzuelos) y enero (1.12 t/1000 anzuelos) respectivamente. El análisis de tallas mostró que la flota palangrera de mediana altura está incidiendo en organismos juveniles y subadultos.

La captura de tiburón azul por parte de la pesquería artesanal es menor comparada con la de la pesquería de mediana altura, por lo que posiblemente la presión pesquera a que se ha visto sometida esta especie es ejercida casi en su totalidad de la flota pesquera de mediana altura.

En la pesquería de mediana altura de esta especie, la pesca con redes de deriva ha reportado niveles muy bajos de captura incidental de tiburón azul, por lo que se estima que la pesquería formal de esa especie inició a partir de 1997, año en que las embarcaciones empezaron a cambiar su arte de pesca por palangre.

El modelo ASPIC utilizado en el presente estudio es un buen modelo para inferir el estado de la población de especies sometidas a presiones pesqueras. Este modelo aplicado a la población de tiburón azul en el la costa oeste de Baja California arrojó resultados que sugieren que la biomasa actual está dos veces por encima de la biomasa necesaria para mantener un rendimiento máximo sostenible. Esto indica que la presión pesquera sobre la población no ha sido demasiado significativa.

Es recomendable contar con un mejor y mayor registro de los datos biológico – pesqueros del tiburón azul capturado por la flota de mediana altura y aplicar modelos integrales que analicen datos pesquero y estructura de edades, para poder realizar mejores estimaciones del estado de la población de la especie en la costa oeste de Baja California, y así poder tomar medidas de manejo adecuadas para la sustentabilidad del recurso.

## Referencias bibliográficas

---

Aires da Silva, A., R.L. Ferreira and J.G. Pereira. 2008. Case study: blue shark catch-rate patterns from the Portuguese swordfish longline fishery in the Azores. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*. Oxford. Blackwell.

Babcock, E.A. y H. Nakano. 2008. Data collection, research and assessment efforts for pelagic sharks by the International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*. Oxford. Blackwell.

Babcock, E.A. y M.K. McAllister. 2003. Bayesian methods for accounting for data contradictions in stock assessment of Atlantic white marlin (*Tetrapturus albidus*). *ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap.* 55:541-558.

Blanco Parra, M., F. Galván Magaña and F. Márquez Farías. 2008. Age and growth of the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus, 1758, in the Northwest coast off Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 513-520.

Bonfil, R. 1994. Overview of World Elasmobranch Fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper No. 341*. Rome. FAO. 119 p.

Camhi, M. 1999. *Sharks on the Line II: An Analysis of Pacific State Shark Fisheries*. Islip. Living Oceans Program, National Audubon Society. 115 p.

Camhi, M.D. 2008. Conservation status of pelagic elasmobranchs. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*, Blackwell, Oxford.

Camhi, M.D., E. Lauck, E.K. Pikitch and E. A. Babcock. 2008. A global overview of commercial fisheries for open oceans sharks. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*. Oxford. Blackwell.

Castillo Géniz, J.L., 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca, 76 pp.

Clarke, S. 2003. Quantification of the trade in shark fins. Ph.D. thesis, Imperial College London. London. 327 p.

Clarke, S., M.K. McAllister, E.J. Milner Gulland, G.P. Kirkwood, C.G.J. Michielsens, D.J. Agnew, E.K. Pikitch, H. Nakano and M.S. Shivji. 2006. Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. *Ecology Letters* 9, 1115–1126.

Compagno, L. J. V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fisheries Synopsis No. 125. Rome. FAO. 251–655 pp.

Cortés, E. 1998. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. *Fisheries research*. 39(2): 199–208.

Cortés, E. 2002. Incorporating uncertainty into demographic modeling: application to shark populations and their conservation. *Conservation Biology* 16: 1048–1062.

Cortés, E. 2007. Chondrichthyan demographic modelling: an essay on its use, abuse and future. *Marine and Freshwater Research* 58: 4–6.

Cortés, E. 2008. Comparative Life History and Demography of Pelagic Sharks. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*. Oxford. Blackwell.

Cruz Ramírez, A., S. R. Soriano, C. Ramírez y D. Acal. 2008. Biología y reproducción del tiburón azul (*Prionace glauca*) en aguas oceánicas del litoral de Manzanillo, Colima, México *en* Díaz Sánchez A., C. Aguilar (eds.) III Simposium nacional de tiburones y rayas. SOMEPEC – UNAM, Alianza WWF – Telcel. 92 – 96 p.

Escobedo Olvera, M. A. 2009. Análisis biológico-pesquero de la pesquería con red agallera de deriva en la península de Baja California durante el periodo 1999-2008. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 141 p.

Fletcher, R. I. 1978. Time-dependent solutions and efficient parameters for stock-production models. *Fishery Bulletin* 76:377-388.

Fournier, D. A., J. Hampton, y J. R. Sibert. 1998. MULTIFAN-CL: a length-based, agestructured model for fisheries stock assessment, with application to South Pacific albacore, *Thunnus alalunga*. *Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci.*, 55 (9): 2105-2116.

Furlong Estrada, Emmanuel. 2000. Caracterización de la captura del tiburón azul (*Prionace glauca*, Linnaeus, 1758) descargado en Ensenada, Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 61 p.

Guerrero Maldonado, L. A. 2005. Pesquerías y análisis demográfico del tiburón azul (*Prionace glauca*, Linnaeus 1758) en el Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 120 p.

Hampton, J. y D. A. Fournier. 2001. A spatially disaggregated, length-based, age-structured population model of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean. *Marine and Freshwater Research* 52: 937–963.

Holts, D., y O. Sosa-Nishizaki. 1998. Swordfish fishery of the Eastern North Pacific. En: I. Barret, O. Sosa Nishizaki and N. Bartoo (eds.). *Proceedings of the International Symposium on Pacific Swordfish*, Ensenada, B.C., México, December 11-14, 1994. NOAA Tech. Rep. NMFS, 142:65-76

Hueter, R. E. and Simpfendorfer, C. A. (2008) Case study: Trends in blue shark abundance in the western North Atlantic as determined by a fishery-independent survey. *en: Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. Oxford. Blackwell.

ICCAT. 2005. Report of the 2004 Inter-sessional meeting of the ICCAT Subcommittee on by-catches: shark stock assessment. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 58(3): 799-890.

Kleiber, P., S. Clarke, K. Bigelow, H. Nakano, M. McAllister, and Y. Takeuchi. 2009. North Pacific blue shark stock assessment. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo., NOAA-TM-NMFS-PIFSC-17, 74 p.

Kubodera, T., H. Watanabe and T. Ichii. 2007. Feeding habits of the blue shark, *Prionace glauca*, and salmon shark, *Lamna ditropis*, in the transition region of the Western North Pacific. *Rev Fish Biol Fisheries* 17:111–124

Kohler, N. E. and P.A. Turner. 2008 Stock structure of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean based on tagging data. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*. Oxford. Blackwell.

Markaida, U. and O. Sosa-Nishizaki. 2010. Food and feeding habits of the blue shark *Prionace glauca* caught off Ensenada, Baja California, Mexico, with a review on its feeding. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 90(5): 977–994.

McAllister, M.K., E.K. Pikitch and E. A. Babcock. 2008. Why are Bayesian methods useful for the stock assessment of sharks? *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*. Oxford. Blackwell.

McCord, M.E. and S.E. Campana. 2003. A quantitative assessment of the diet of the blue shark (*Prionace glauca*) off Nova Scotia, Canada. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 32:57-63.

Nakano, H. 1994 Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. *Bulletin of the National Research Institute of Far Seas Fisheries* 31:141–256.

Nakano, H. and J.D. Stevens. 2008. The biology and ecology of the blue shark *Prionace glauca*. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*, Oxford. Blackwell.

Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. 103 pp.

Prager, M. H. 1994. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus–production model. *Fishery Bulletin* 92: 374–389.

Prager, M. H. 2004. User's Manual for ASPIC: A Stock-Production Model Incorporating Covariates (ver. 5) And Auxiliary Programs. ICCAT. 25 pp.

Santana Hernández, H. 2001. Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el Pacífico mexicano y su relación con la temperatura superficial. Tesis de Doctorado. Posgrado Interinstitucional de Ciencias Pecuarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, México. 150p

Simpfendorfer, C. Cortés, E. Heupel, M. Brooks, E. Babcock, E. Baum, J. McAuley, R. Dudley, S. Stevens, J.D. Fordham, S. Soldo, A. 2008. An integrated approach to determining the risk of over-exploitation for data-poor pelagic Atlantic sharks. SCRS/2008/140.

Sosa Nishizaki, O., J.F. Márquez Farías and C.J. Villavicencio Garayzar. 2008. Case study: pelagic shark fisheries along the west coast of Mexico. *en*: M. Camhi and E.K. Pikitch (eds.). *Sharks of the Open Ocean*. Oxford. Blackwell.

Stevens, J. D., R. Bonfil, N.K. Dulvy and P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 57: 476–494.

Tricas, T. 1977. Food habits, movements, and seasonal abundance of the blue shark, *Prionace glauca* (Carcharhinidae) in Southern California waters. M.A. Thesis. California State University. 89 p.

Tricas, T. 1979. Relationships of the blue shark, *Prionace glauca*, and its prey species near Santa Catalina island, California. *Fishery Bulletin* 77:175-182.

Vögler, R., E. Beier, S. Ortega García, H. Santana Hernández. ¿Afecta la pesca con palangre a la estructura poblacional del tiburón azul (*Prionace glauca*) en el Pacífico nororiental frente a México? México *en* Díaz Sánchez A., C. Aguilar (eds.)

III Simposium nacional de tiburones y rayas. SOMEPEC – UNAM, Alianza WWF – Telcel. 167 – 172 p.

Vögler, R., E. Beier, S. Ortega García, H. Santana Hernández y J. J. Valdez – Flores. 2012 Ecological patterns, distribution and population structure of *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) in the tropical-subtropical transition zone of the north-eastern Pacific. *Marine Environmental Research* 73: 37-52.

