

2

00387



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MODELACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA  
PESQUERÍA DEL PEZ VELA (*Istiophorus platypterus*) EN  
EL PACÍFICO MEXICANO.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**DOCTOR**

P R E S E N T A

René Macías Zamora

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DIRECTOR DE TESIS: DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA.

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi gran familia

A mis hijas Edna y Estefany.

A mi padre y a mi madre (†).

A mis hermanos: Sergio, Vinicio, Corina, Noé, Lili, Miroslava, Dalia y Virgilio.

A mis tíos Nacho, Consuelo, Belia, Toño y Gloria.

A todos mis primos.

## AGRADECIMIENTOS:

A mis compañeros de trabajo quienes contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis. De manera especial a aquellos que me apoyaron de manera conciente y sincera, pero también a aquellos que me impulsaron de manera involuntaria.

A los integrantes de mi comité tutorial: los Drs. Xavier Chiappa, Arturo Muhlia y Oscar Sosa Nishisaki por su gran paciencia e invaluable apoyo.

A mis sinodales: los Drs. Juan Madrid, Walter Ritter, Isaias Salgado y Miguel Angel Cisneros por sus acertadas observaciones que contribuyeron en gran medida a mejorar el documento.

A Nacho Romero por su amistad y su confianza.

RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
ANTECEDENTES.....	8
ÁREA DE ESTUDIO.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	15
OBJETIVOS .....	16
GENERAL: .....	16
PARTICULARES:.....	16
MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
EVALUACIÓN DEL RECURSO .....	20
<i>Edad y crecimiento</i> .....	20
<i>Mortalidad</i> .....	25
<i>Vulnerabilidad</i> .....	25
<i>Fecundidad</i> .....	26
<i>Estandarización del Método</i> .....	27
<i>Determinación de la Fecundidad</i> .....	29
<i>Biomasa original</i> .....	30
MODELO CON ESTRUCTURA ESPACIAL EXPLÍCITA .....	32
<i>Relación con la temperatura</i> .....	33
<i>Zonas de reproducción</i> .....	35
<i>Simulación de la distribución espacial</i> .....	36
<i>Dinámica del stock</i> .....	38
<i>Dinámica del esfuerzo pesquero</i> .....	39
RESULTADOS .....	41
EVALUACION DEL RECURSO .....	41
<i>Edad y crecimiento</i> .....	41
<i>Mortalidad</i> .....	50
<i>Vulnerabilidad</i> .....	51
<i>Fecundidad</i> .....	51
<i>Estandarización del método</i> .....	51
<i>Determinación de Fecundidad</i> .....	55
<i>Biomasa original</i> .....	57
MODELO CON ESTRUCTURA ESPACIAL EXPLICITA .....	59
<i>Relación con la temperatura</i> .....	59
<i>Zonas de reproducción</i> .....	62
<i>Simulación</i> .....	64
EDAD Y CRECIMIENTO .....	68
MORTALIDAD.....	70
FECUNDIDAD .....	70

<b>BIOMASA ORIGINAL .....</b>	<b>70</b>
<b>RELACIÓN CON LA TEMPERATURA .....</b>	<b>72</b>
<b>ZONAS DE REPRODUCCIÓN.....</b>	<b>73</b>
<b>SIMULACIÓN .....</b>	<b>73</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>78</b>

## MODELACION ESPACIO-TEMPORAL DE LA PESQUERIA DEL PEZ VELA (*Istiophorus platypterus*) EN EL PACIFICO MEXICANO.

### RESUMEN

Se presentan resultados de estudios del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano relativos a: edad y crecimiento realizados con base en la lectura de marcas de crecimiento en la cuarta espina dorsal, estimación de la tasa instantánea de mortalidad total, fecundidad mediante el método gravimétrico previamente estandarizado. Así mismo se realizó una evaluación de la pesquería de esta especie realizada sobre la base de un modelo estructurado por edades y al modelo de retardo propuesto por Deriso (1980), ajustando estos modelos mediante un criterio único de optimización. También se incluye un modelo de simulación de la pesquería considerando los movimientos latitudinales que realiza la especie, el efecto geográficamente diferencial del esfuerzo de la pesca comercial sobre el desarrollo de la población, la abundancia espacial y la estructura de edades del stock. Los resultados indican que el pez vela es un organismo de crecimiento acelerado en los primeros 3 años de vida, alcanzando en ese lapso longitudes cercanas a la longitud infinita. Tiene una alta tasa de fecundidad que provoca reclutamientos prácticamente constantes para un amplio rango de valores del stock parental. La evaluación sugiere un recurso sub-utilizado, capaz de soportar un esfuerzo de pesca superior al reportado por la flota palangrera mexicana en la década de los ochenta. Sin embargo, el modelo de simulación predice que esos niveles de esfuerzo operando dentro de la franja de las cincuenta millas de la línea costera provocarían una disminución sensible en los índices de éxito de pesca de la flota deportiva.

### ABSTRACT

Results on studies of the sailfish (*Istiophorus platypterus*) fishery in the Mexican Pacific Ocean are presented. Relative to parameters such as: age and growth analysed with the reading of growth marks in the fourth dorsal spine, an instantaneous rate of total mortality and fecundity by means of the gravimetric method previously standardised. Also an evaluation of the fishery was carried out using two models. One of them is an age-structured model and the other one is the Deriso's delay model. They were fitted by means of only one optimisation approach. A simulation spatial model of the fishery considering the north and southward movements of the specie, the effect of the effort of the commercial fishing on the development of the population, the space abundance and the structure of ages of the stock is also included. The results indicate that the sailfish (*Istiophorus platypterus*) is an organism with a fast growth in the first 3 years of life, reaching lengths near to the asymptotic longitude in that lapse. The specie has a high fecundity that causes practically a constant recruitment for a wide spectrum of values of the parental stock. The evaluation suggests a sub-utilised resource, its capture could be increased at higher level than the maximum reported by the Mexican longliner fleet during the 1980's. However, the simulation model predicts that those levels of effort operating inside the stripe of the fifty miles from the coast line they would cause a sensitive decrease in the indexes of success of fishing of the sport fleet.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de modelos o el planteamiento de modelos no es una idea nueva, es un medio que nos ha permitido analizar y estudiar problemas, así como examinar diferentes alternativas de solución. Pueden ser desde modelos mentales, modelos a escala o modelos matemáticos. En pesquerías, al igual que en otras disciplinas científicas, se hace uso de modelos matemáticos para representar la realidad y analizarla. Los modelos, incluidos los pesqueros, son una simplificación de nuestro conocimiento de la realidad (Sparre y Venema 1995). Según Gulland (1977), un modelo teórico que pueda predecir en forma confiable el efecto de la actividad del hombre sobre los stocks<sup>a</sup>, puede ser capaz también de predecir y explicar el efecto de otros factores. Esto es, muchos de los efectos de los factores ambientales “parecen desviaciones” de la relación entre la pesquería y la población, de manera que el entendimiento de esos efectos permite explicar esas desviaciones y así establecer la relación con mayor precisión y confianza. Este mismo autor menciona que la mayoría de los modelos de la dinámica de las poblaciones naturales y sus métodos de análisis han sido desarrollados para la evaluación del impacto de la pesca sobre los stocks, particularmente para la predicción de su efecto sobre la abundancia y la captura bajo diferentes regímenes de pesca.

En general, los modelos utilizados para la evaluación de las pesquerías no consideran la posible influencia de la variación geográfica de los parámetros ambientales sobre la distribución y abundancia de las especies, ni el comportamiento del esfuerzo pesquero en función de algunos factores económicos y de accesibilidad del recurso. Aspecto que se hace importante para especies pelágicas altamente migratorias debido a que durante sus movimientos asociados a cambios ambientales se hacen vulnerables o invulnerables a la flota pesquera.

Entre los recursos pesqueros en México, el pez vela *Istiophorus platypterus*, (Shaw & Nodder, 1792), forma parte de un grupo de peces conocidos comúnmente como "picudos". Además del pez vela, incluye este grupo al marlin (varias especies) y al pez espada (*Xiphias gladius*,

---

<sup>a</sup> Stock: Grupo de organismos de una especie que tienen los mismos parámetros poblacionales y habitan un área particular

Linnaeus, 1758), que se caracterizan por poseer la mandíbula superior extremadamente elongada formando un largo "rostrum" o pico, de donde obtienen su calificativo.

Su pesquería se caracteriza porque existen dos formas de aprovechamiento: en forma comercial y en forma deportiva. Los pescadores deportivos (en el Pacífico mexicano existen aproximadamente 15,400 embarcaciones, de las cuales 12,000 son de origen extranjero; Quezada, 1991), apoyados principalmente por los prestadores de servicios turísticos asociados a esta actividad, tratan de obtener la máxima captura por viaje, éxito de pesca que sólo se obtiene en niveles del stock explotable cercanos al stock virgen (Hilborn y Walters, 1992); mientras que los pescadores comerciales (ha existido una pequeña flota de barcos palangreros, compuesta por 21 embarcaciones que operaron en el Pacífico Mexicano en forma discontinua de 1980 a 1990, y algunas embarcaciones menores de pesca ribereña cuyo número podría oscilar entre 400 y 600 unidades) tratan de obtener el máximo rendimiento en biomasa, captura que se obtiene a niveles cercanos al 50% del stock virgen (Csirke, 1980; Sparre y Venema, 1995). La administración de estos recursos es de particular complejidad, dado que además de las dos formas antagónicas de aprovechamiento del recurso, implica la evaluación de una pesquería multiespecífica de especies altamente migratorias que trascienden las fronteras de las aguas mexicanas y se comparten con otros países.

Sosa-Nishizaki (1998) presenta una descripción de la historia de la pesquería de los "picudos" en México. Identifica tres períodos de su desarrollo, y detalla los esfuerzos e iniciativas realizadas por el gobierno mexicano, desde el reclamó de 3 millas náuticas de mar territorial, en 1902, hasta la declaración de las 200 millas de Zona Económica Exclusiva, en 1976, para el manejo de sus recursos pesqueros. Menciona que las medidas tomadas históricamente han procurado el beneficio social a partir de los recursos pesqueros costeros, y reporta que debido a la influencia del cabildeo por parte de la industria turística se estableció la zona de exclusividad de las 50 millas en 1983, y en 1987 se establecieron dos zonas más donde se prohibía también la pesca de "picudos" en forma comercial.

La reglamentación actual en México, la Ley de Pesca y su Reglamento, reservan al pez vela y a otras especies (marlin, pez espada, sábalo o chiro, pez gallo y dorado) en forma exclusiva para la pesca deportiva dentro de una franja de 50 millas a partir de la costa.

La pugna existente en esta pesquería se ve reflejada en el acuerdo que regula el aprovechamiento de las especies de pico en la ZEEM, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Agosto de 1987, que dice en sus considerandos: "La representación de las empresas turísticas y de prestadores de servicios para la pesca deportiva solicita que no se permita la pesca comercial (de picudos) en tanto no se tenga la certeza de que ello no afecte negativamente a la pesca deportiva. Los representantes de la pesca comercial sostienen que los permisos actualmente (en 1987) otorgados a embarcaciones nacionales no perjudican a la pesca deportiva, por lo que deben continuar vigentes, máxime que si los nacionales no aprovechan los recursos disponibles, su captura en nuestra propia zona (ZEEM) debe ser permitida a extranjeros; además de que por ser altamente migratorios dichos recursos, serían capturados en aguas internacionales".

En estudios orientados a la evaluación del nivel de explotación del pez vela en el Pacífico mexicano, se han utilizado modelos globales (Anónimo, 1987; Skillman 1989), y se han realizado estudios del efecto del esfuerzo pesquero sobre el recurso (Squire y Au, 1990; Macías, 1993). Sin embargo, estos estudios han omitido la componente espacial a pesar de que actualmente se utiliza en su administración, ya que la Ley de Pesca y su Reglamento prohíbe la captura comercial dentro de una franja de 50 millas medidas a partir de la línea de costa y en dos zonas de exclusión ubicadas en la boca del Golfo de California y en el Golfo de Tehuantepec. La componente espacial es de particular importancia para esta especie, ya que es altamente migratoria y los cambios en la abundancia regional pudieran ser ocasionados por la variación en el tamaño del stock y/o por cambios en la distribución geográfica. Los prestadores de servicios turísticos siempre han atribuido la disminución en la disponibilidad de las especies de pico para la pesca deportiva a la actividad de

la pesca comercial ya sea ribereña o de altura, sin considerar la posibilidad de cambios en la distribución de las especies, ya sea estacionales o con una periodicidad mayor a un ciclo anual.

En el presente trabajo se desarrollaron básicamente dos aspectos: primeramente se llevó a cabo una evaluación del nivel de explotación del stock del pez vela y, posteriormente se desarrolló un modelo con estructura espacial explícita con el objeto de detectar y evaluar posibles cambios en la abundancia provocados por la actividad extractiva del hombre, ya sea por pesca comercial o deportiva, con respecto a las variaciones en la disponibilidad regional inherente a la distribución geográfica de la especie. Es necesario enfatizar que este último aspecto es una propuesta metodológica que utiliza los estudios de la biología básica desarrollados y los resultados de la evaluación del recurso para hacer interaccionar los modelos, utilizados en la evaluación, tanto en espacio como en tiempo. Para esto se utiliza información complementaria para simular movimientos estacionales tanto del recurso como de la flota palangrera. Las variables que intervienen en esta simulación, y que definen el nivel de esfuerzo aplicado, son relativas a diversos aspectos como: número de embarcaciones, puerto base de cada embarcación, temporada de pesca y región de pesca. Los diferentes niveles de cada uno de esos factores aunados a sus posibles combinaciones hacen posible un gran número de escenarios factibles con los que se puede abordar la administración del recurso. Dependiendo de los objetivos fijados como prioritarios en su manejo.

## **ANTECEDENTES**

La pesca comercial de picudos al Este de los 130°, en la región que hoy es el Pacífico mexicano se inició después de la segunda guerra mundial cuando la flota palangrera japonesa expandió sus operaciones de pesca hacia el Pacífico Oriental donde encontró altas concentraciones de marlín rayado, pez vela y pez espada y menores proporciones de marlín azul y marlín negro. Esta flota inició su expansión en 1956 y para 1963 estaban pescando en la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales de esa zona. El esfuerzo fue variable pero se incremento de manera sostenida después de 1961 hasta 1980 (Squire y Au, 1990). En 1976 México declara su Zona Económica Exclusiva de 200 millas restringiendo así el acceso de la

flota internacional a estas aguas e impulsa la operación de una flota de coinversión con intereses mexicanos y japoneses o de Taiwán. Los primeros permisos fueron autorizados en 1980 y posteriormente (después de que se publicó la nueva Ley de pesca en 1986) muchas de estas embarcaciones cambiaron a bandera mexicana, finalmente después de una gran presión ejercida por los grupos de pesca deportiva y prestadores de servicios turísticos asociados, en 1990 se cancelaron todos los permisos para pesca comercial con palangre de picudos (Sosa-Nishizaki, 1998).

Macías et al. (1993) reportan que existen dos etapas en la pesquería comercial del pez vela en México, antes y después del establecimiento de la Zona Económica Exclusiva mexicana de 200 millas, observándose un claro decremento sostenido en la captura por unidad de esfuerzo en los torneos de pesca deportiva de pez vela realizados en Manzanillo, Col. que parece corresponder al incremento en el esfuerzo aplicado por la flota palangrera internacional al Este de los 130° desde 1957 hasta 1976. A partir de 1976 se aprecia una estabilización del índice CPUE en la pesca deportiva con fluctuaciones que no se correlacionan con los altibajos en el esfuerzo de la flota palangrera con bandera mexicana que funcionó de 1980 a 1990.

Macías et al. (1993) analizaron la tendencia de la captura por unidad de esfuerzo en la pesquería palangrera comercial del pez vela en el Pacífico mexicano para el período 1980-1990 y concluyen que la tendencia creciente del índice CPUE durante la temporada analizada sugiere que el efecto del esfuerzo aplicado por la flota palangrera con bandera mexicana fue cualitativamente diferente del efecto de la flota internacional que operó de 1956 a 1976 en esta región. Menciona este mismo autor que considerando lo anterior, puede pensarse en la existencia de un cierto nivel de esfuerzo de la pesca comercial inferior al aplicado por la flota internacional en la región y posiblemente similar al de la flota nacional sin que esto afecte negativamente los índices de captura registrados en la década de los ochenta en la pesca deportiva.

En general, la mayoría de las especies de “picudos” tienen una amplia distribución que comprende los mares tropicales y templados de todos los océanos del mundo. En el Pacífico Oriental, de acuerdo con Miyabe y Bayliff (1987) y Squire y Au (1990), se encuentran altas concentraciones de estas especies dentro de la Zona Económica Exclusiva Mexicana (ZEEM).

Para el pez vela, Skillman (1989) concluye que existen tres stocks en el Océano Pacífico, dos en el Pacífico occidental y uno en el Pacífico oriental. Shingu *et al.* (1974) utilizando datos de captura y esfuerzo, encontraron que de 1967 a 1970 el área de mayor concentración de pez vela comprendió desde la costa central de México hasta Colombia con ciertos cambios estacionales, y determinaron que el centro de abundancia de pez vela en el área frente a México se movía hacia el sudeste durante el segundo y tercer trimestre del año. Kume y Joseph (1969), encontraron que los movimientos estacionales norte-sur de pez vela parecían coincidir con los movimientos estacionales de la isoterma de los 28°C. Macías *et al.* (1993) reportaron una correlación positiva y significativa entre la captura por unidad de esfuerzo en torneos de pesca deportiva de pez vela realizados en Manzanillo, Col. México y la temperatura superficial del mar en la fecha de realización del evento.

La relación entre la abundancia de cualquier especie y algún parámetro ambiental, está definida por la Ley de Tolerancia de Shelford (Odum, 1971). Según esta ley, la especie debe presentar un máximo de abundancia para un determinado valor de la variable ambiental y para valores más altos y más bajos, la abundancia debe disminuir progresivamente. Con objeto de representar esta relación, entre la abundancia de las especies y el ambiente abiótico, se ha utilizado comúnmente la curva unimodal, la cual es una de las más difundidas y aceptadas en ecología (Odum, 1971; Gauch, 1982; Pielou, 1984; Jongman *et al.*, 1987). La curva de Gauss o curva normal fue popularizada por Gauch y Whittaker (1972) como un modelo simple y atractivo para describir la relación unimodal (Ter Braak y Prentice, 1988). Sin embargo, de acuerdo con Begon *et al.* (1995), la forma exacta de la curva de respuesta a una condición

(simétrica o sesgada, ancha o estrecha) variará según la condición de que se trate y según la especie, y dependerá de cuál de las respuestas del organismo hemos decidido medir.

La temperatura es uno de los parámetros ambientales de más fácil medición y se ha observado que caracteriza en gran medida los nichos ecológicos. En el Pacífico mexicano, de acuerdo con los reportes de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (1980-1990), las temperaturas superficiales varían entre 15° y 31 °C, aumentando de norte a sur. Las isothermas presentan desplazamientos latitudinales coincidentes con los cambios de estación durante cada ciclo anual. De acuerdo con algunos autores (Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakamura, 1985), las especies asociadas a los ambientes así definidos, en particular el pez vela, realizan migraciones latitudinales estrechamente asociadas a estas oscilaciones ambientales.

Con objeto de comprender la relación con su medio ambiente, en otras especies de pico se han realizado estudios con telemetría acústica. Holts y Bedford (1990), frente a la costa del sur de California, observaron movimientos verticales periódicos del marlin rayado (*Tetrapturus audax*), con desplazamientos diarios que ocurrieron durante el día y la noche como una respuesta a parámetros ambientales, en particular la temperatura. Por otro lado, Carey (1981) y Block (1990) realizaron estudios del pez espada (*Xiphias gladius*), en el costa Atlántica frente a Florida, con los mismos métodos y encontraron que ésta especie realiza movimientos verticales durante ciclos diarios, en los cuales se presentó cerca de la superficie durante la noche y regresó a aguas profundas de hasta 600 m durante el día. Durante estos movimientos verticales, el pez espada siguió un patrón asociado a la intensidad de iluminación en la superficie.

Los cambios en la disponibilidad o accesibilidad provocados por las variaciones en la distribución geográfica de las especies deben ser considerados en las evaluaciones de las poblaciones de peces. Los mecanismos que rigen estos cambios constituye una tarea importante inmediatas en los análisis. Actualmente en la evaluación de recursos pesqueros se utilizan modelos matemáticos que buscan representar los cambios en la biomasa del stock bajo explotación. Uno de los primeros

investigadores en describir mediante un modelo matemático la dinámica de una población de peces en explotación fue Russell en el año de 1931. El modelo propuesto por Russell es conceptual y ha servido de base para el desarrollo de modelos analíticos más complejos (Csirke, 1980). Este modelo resume además, el concepto general de la dinámica de poblaciones de peces en una sencilla ecuación:

$$S_2=S_1-(C+M)+(G+R)$$

donde  $S_1$  y  $S_2$  representan el tamaño de la población existente al inicio y al final de un período determinado;  $C$  representa la cantidad de peces muertos por la pesca en ese período;  $M$  representa la cantidad de peces muertos por causas naturales;  $G$  representa la suma del crecimiento individual experimentado por los miembros de la población que han sobrevivido a estas dos causas de mortalidad y,  $R$  representa la cantidad de reclutas o de nuevos individuos que han ingresado a formar parte de la población en ese mismo tiempo. Su importancia radica en que resume los principales procesos que producen los cambios en biomasa de cualquier población de peces. Sin embargo, no presenta explícitamente algún término que considere el efecto del proceso de inmigración ni emigración.

Según Caddy (1975), algunos modelos para poblaciones explotadas han tenido gran aceptación en manejo de pesquerías y han sido clasificados en modelos dinámicos y modelos logísticos; Los dos tipos de modelos tratan con una unidad de stock definida como una unidad de población cerrada y autosostenible en la cual la mortalidad por pesca ( $F$ ) es proporcional al esfuerzo pesquero ( $f$ ). Sin embargo, es necesario que el área explotada y la distribución relativa del stock y del esfuerzo sean constantes, para que la capturabilidad ( $q$ ) en la ecuación  $F=qf$  permanezca constante.

Caddy (1975), presentó un modelo espacial para una población explotada de almejas donde considera un área de pesca y una población sedentaria, sin migración, mortalidad por pesca

específica y constante para cada edad y reclutamiento al arte de pesca en "filo de navaja" en el grupo de edad cuatro. Algunas de las predicciones generales de este modelo difieren significativamente de aquellas donde se emplea el concepto de unidad de stock. En general, los resultados del modelo proporcionan las ventajas de la componente espacial; sin embargo, al considerar una especie sedentaria, los incrementos en la distribución del recurso se dan sólo por colonización y los cambios en la distribución del esfuerzo es lo que provoca las mayores variaciones en las abundancias por área.

Para la utilización de modelos estructurados o analíticos es indispensable el conocimiento de algunos parámetros de la biología básica de la especie. La determinación de la estructura de edad o estadio de las poblaciones de peces es de suma importancia para las mediciones en tamaño necesarias para estimar tasas de mortalidad (Ehrhardt, 1990).

Bajo la consideración de que los métodos de evaluación estructurados por edades que presentan cierta capacidad predictiva y la incertidumbre asociada requieren del conocimiento preciso de la estructura de edades de la población, en este trabajo se incluye la determinación de edad y crecimiento, así como el ciclo reproductivo de la especie.

El crecimiento y la edad para el pez vela en el Océano Pacífico mexicano han sido estudiados por Alvarado (1993), quien reportó 8 grupos anuales de edad para el pez vela en el sur del golfo de California, con una mayor abundancia del grupo de edad 4. Las determinaciones de edad fueron realizadas por conteo de las bandas anuales de crecimiento en la cuarta espina dorsal de los organismos capturados en la pesca deportiva. La relación encontrada entre la longitud mandibular (Y) y el radio de la espina (X) esta dada por la ecuación  $Y = 62.07 X + 140.93$  ( $r=0.56$ ). Jolley (1974) reporta una relación  $Y = 9.881 X + 47.660$  ( $r=0.90$ ) para pez vela del Atlántico indicando que esta estructura dura puede ser útil en determinaciones de edad. Hedgepet y Jolley (1983) reportan la relación entre la longitud del cuerpo y el radio de la espina ( $r=0.77$ ), también para pez vela del Atlántico.

Los estudios de larvas y juveniles de peces "picudos" son escasos, a pesar de que este tipo de información es básico en el conocimiento del ciclo de vida de estas especies, sobre todo en lo que respecta a la reproducción, edad y crecimiento. Howard y Ueyanagi (1965) informaron sobre 11 juveniles de pez vela capturados en el golfo de Panamá en septiembre, e indican que W. L. Klawe reportó la captura de juveniles de pez vela en aguas ecuatoriales del Pacífico oriental. Laurs y Nishimoto (1970) capturaron cinco juveniles de pez vela en septiembre, en el Pacífico oriental frente a América Central. Beardsley *et al.* (1975) mencionan la captura de dos juveniles frente a las costas de México, uno en marzo y el otro en noviembre de 1941. Eldridge y Wares, (1974) midieron 36 larvas y juveniles colectadas a lo largo de la costa de América Central y con base en tasas de crecimiento reportadas, estimaron las épocas de desove. Para el Pacífico mexicano, Guzmán-Arroyo y López-Ramos (1986) registraron la captura de 7 ejemplares juveniles, de 69 a 225 mm de longitud total, frente a las costas de Michoacán. En el Atlántico, Voss (1953) registró 30 especímenes de pez vela en estadios postlarval y juveniles, entre 3.9 y 208 mm de longitud estándar, en la corriente de Florida, EUA. Gehringer (1970) capturó en el Atlántico, frente a las costas de EUA, 154 juveniles de pez vela de 26.1 a 216 mm de longitud estándar, durante 1960 a 1962, y 34 especímenes del Atlántico oriental, entre 13.8 y 238 mm de longitud estándar, durante 1968.

De Sylva (1957) (citado por Beardsley *et al.*, 1975) encontró que en el Atlántico el pez vela tiene una longitud total promedio de 17.8 cm al fin de su primer mes de vida, 50.8 cm al fin del segundo mes, 89 cm al fin del tercero y 111.7 cm al fin del cuarto. Agregó que había una considerable variación en esas longitudes atribuible a variaciones en la fecha de nacimiento y en la disponibilidad y abundancia en el alimento planctónico. Para el fin de su primer año de vida, el pez vela tenía en promedio 183 cm de longitud total, 216 cm para el segundo año y 233.7 cm para el fin del tercer año. De Sylva notó que la determinación de la edad después de 2 años fue difícil.

Con relación a la fecundidad de estos organismos, los valores obtenidos por diferentes autores son variables. Voss (1953) encontró en organismos del Atlántico, que ovarios de 1.4 Kg.

contenían 2.3 millones de huevos, y en posteriores análisis obtuvo valores hasta de 4.7 millones de huevecillos. Jolley (1973) estimó valores de fecundidad en un intervalo de 0.75 hasta 1.56 millones de huevos; Ovchinnikov (citado por Beardsley *et al.*, 1975) proporciona estimaciones entre 1.6 y 11.5 millones de huevecillos en ovarios de 1 a 1.2 Kg. para pez vela del Atlántico; Merret (1971) encontró 19.5 millones de huevos en organismos del este de África, y menciona que la fecundidad se incrementa con el tamaño del pez.

## ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó con datos e información para el área que abarca la Zona Económica Exclusiva Mexicana en el Océano Pacífico (ZEEM). Esta área está limitada por los 12 y los 32 grados de latitud Norte, y por los 92 y los 122 grados de longitud Oeste.

## JUSTIFICACIÓN

La industria de la pesca deportiva inició su desarrollo en México a partir de 1936 y fue a finales de los cuarenta y durante los cincuenta que lugares más famosos para el turismo, como Acapulco, La Paz, Mazatlán, Cabo San Lucas, Puerto Vallarta, Manzanillo y Zihuatanejo empezaron a desarrollarse, contando con la pesca de picudos como una de sus atracciones (Sosa-Nishizaki, 1998).

En el Programa de Pesca y Acuicultura 1995-2000 del Poder Ejecutivo Federal (Anónimo, 1995) se contempla la posibilidad de cambiar la reglamentación actual relativa en especial a las especies de pico. Esto, a su decir, con base en las solicitudes expresadas por diversos sectores y apoyados en la mejor ciencia disponible.

A pesar de que en la reglamentación se habla de un uso exclusivo de estas especies para la pesca deportiva con base en una distribución espacial, dentro de una franja de 50 millas medidas a partir de la línea de costa, no existen estudios que justifiquen esta medida. Aparentemente, esta

franja sólo serviría para evitar interacción física entre las embarcaciones que se dedican a cada tipo de actividad. Lo anterior en virtud de que, como se mencionó anteriormente, algunos autores, como Skillman (1989), concluyen que en el Pacífico oriental existe un solo stock de pez vela, y tanto la actividad deportiva como la comercial estarían incidiendo sobre él.

La situación real no ha sido completamente valorada, y es evidente la necesidad de desarrollar estudios encaminados primeramente a evaluar el recurso con objeto de conocer su nivel de explotación y la posibilidad de incrementar el esfuerzo que gravita sobre él. También es necesario estimar la interacción entre las dos modalidades de aprovechamiento en función de los cambios en la distribución geográfica del recurso asociados a las variaciones estacionales en los parámetros ambientales y al comportamiento propio de la especie.

## **OBJETIVOS**

### ***GENERAL:***

Contribuir a establecer el óptimo aprovechamiento del pez vela (*Istiophorus platypterus*), definiendo la posibilidad de coexistencia de las flotas comercial y deportiva en el Pacífico Mexicano.

### ***PARTICULARES:***

– Estimar los parámetros poblacionales del pez vela necesarios para evaluar la pesquería mediante modelos analíticos y para implementar un modelo de simulación, como son: edad y crecimiento, mortalidad total, mortalidad por pesca, vulnerabilidad, fecundidad, índices de migración y biomasa vulnerable.

- Analizar la relación entre la abundancia de las especies de pico en general y del pez vela en particular con la temperatura del agua, con base en las capturas y esfuerzos reportados por la flota palangrera mexicana.
  
- Evaluar el nivel actual de explotación del pez vela mediante el uso de modelos analíticos estructurados por edades.
  
- Desarrollar un programa de cómputo que incluya modelos que simulen en forma conjunta el comportamiento de la captura por unidad de esfuerzo en la pesca deportivo-recreativa del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en tres puertos de la ZEEM bajo la influencia de diferentes niveles de esfuerzo de la pesca palangrera comercial considerando los movimientos estacionales de la especie y la influencia de la temperatura superficial en su distribución y abundancia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó información relativa, tanto a la pesca deportiva como a la pesca comercial. De la pesca deportiva se captó a partir de muestreos biológicos de la captura obtenida en diversos torneos efectuados en los puertos enlistados en la tabla 1, y ubicados en la figura 1.

**Tabla 1.- Lugares, número de eventos documentados y ejemplares de pez vela capturados y muestreados en torneos de pesca deportiva realizados en el Pacífico Mexicano.**

Lugar	Número de eventos que se realizan por año.	Mes en que se realiza el evento	Número de eventos documentados	Ejemplares capturados	Periodo
San Blas, Nayarit.	1	Mayo	8	310	1983-1996
Puerto Vallarta, Jalisco.	1	Noviembre	7	556	1988-1996
Barra de Navidad, Jalisco.	2 ó 3	Enero, Febrero y Marzo	22	713	1989-1996
Manzanillo, Colima.	2	Febrero y Noviembre	25	2,525	1981-1996
Lazaro Cardenas, Michoacan.	1	Marzo	5	138	1992-1996
Zihuatanejo, Guerrero.	2	Enero y Mayo	7	651	1992-1996
<b>TOTAL</b>			<b>74</b>	<b>4,893</b>	

En cada torneo se obtuvo información referente al peso total de los organismos, longitud total, longitud ojo-furca, longitud del cuerpo, y altura. Todas las medidas se tomaron de acuerdo con Nakamura (1985). Además se registró el sexo del organismo, su estado de madurez gonadal y se colectaron muestras de gónadas y la cuarta espina dorsal de los peces vela capturados.

La pesca comercial se documentó de tres maneras: 1) a través de reportes publicados de la actividad de la flota palangrera internacional, 2) bitácoras de pesca de la flota palangrera nacional, y 3) por medio de observadores a bordo en barcos palangreros de bandera mexicana.

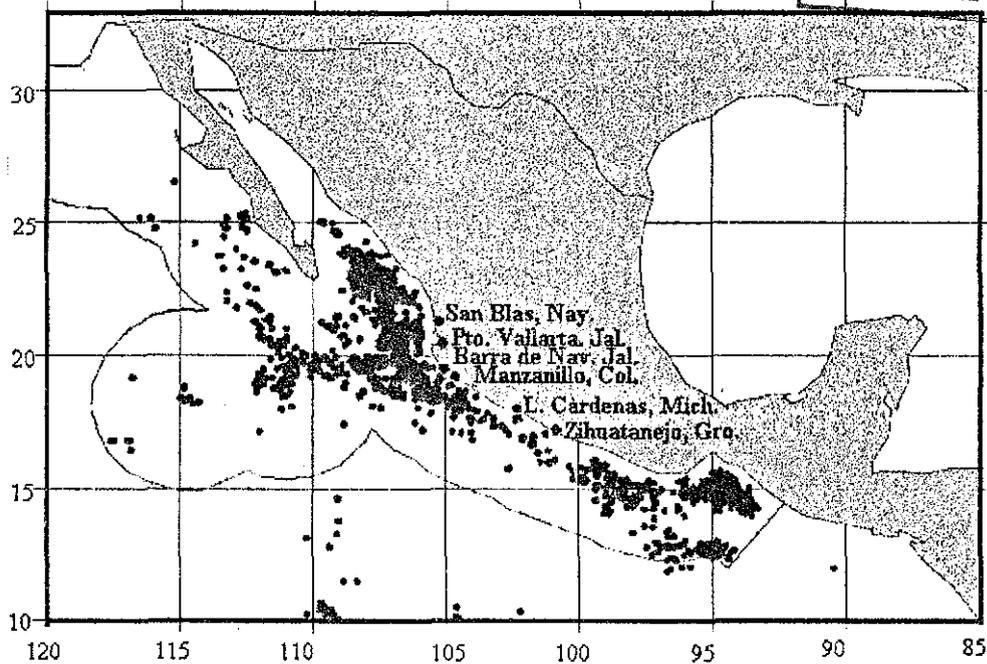


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en torneos de pesca deportiva (nombres de los puertos a lo largo de costa) y localidades de pesca comercial (señalados con puntos en el mar).

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) ha publicado los resultados de las operaciones de los barcos atuneros de pesca de palangre en el Océano Pacífico Oriental desde 1964. Se utilizaron además los artículos publicados por Squire y Au (1990), quienes reportan el desarrollo de la pesquería de palangre del Pacífico oriental, y Squire y Muhlia (1993), que hacen una revisión de las pesquerías de marlin rayado, pez espada y pez vela al Este de los 130 grados.

De las bitácoras de 23 barcos palangreros con bandera mexicana que operaron de 1980 a 1990, se obtuvo información relativa a las actividades de pesca, composición específica de la captura, zona de pesca, número de anzuelos utilizado y temperatura superficial del mar durante el lance, para 7,344 lances de pesca. Esta información fue captada a través del personal del Departamento de Administración de Pesquerías de la Delegación Federal de Pesca en el Estado de Colima, quienes proporcionaron las bitácoras de los cuatro barcos que operaron con base en el Puerto de Manzanillo, Colima. Y a través del Comité Técnico Consultivo (organismo formado

por la Secretaría de Pesca con la participación de todas las organizaciones involucradas en el uso o investigación de los peces de pico en México) quien proporcionó una base de datos (también a través de bitácoras) de las operaciones de toda la flota palangrera con bandera mexicana. El área de operación se presenta en la figura 1.

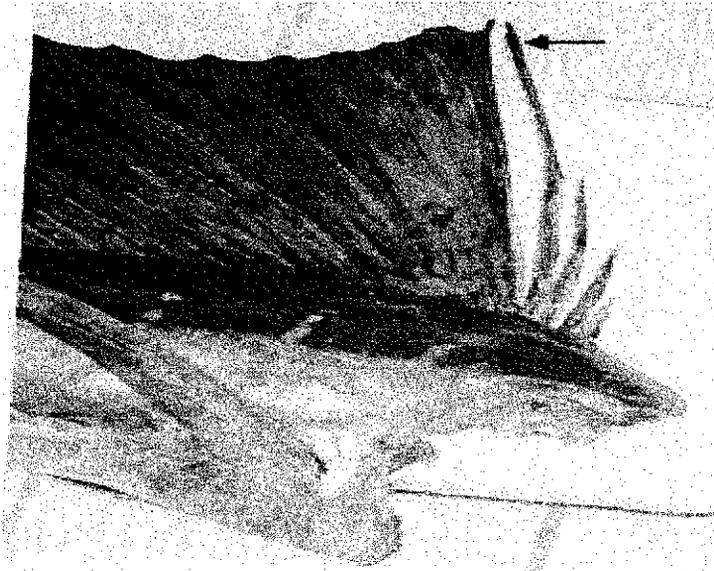
De acuerdo con Macías *et al.* (1994) del total de la flota que operó con bandera mexicana, solo un grupo de cuatro embarcaciones denominadas Tiburón I, II, III y IV, que tenían como base el Puerto de Manzanillo, incidieron directamente en la captura de pez vela obteniendo en promedio porcentajes entre el 37 y 52% de esta especie. La información de la captura y el esfuerzo de estas embarcaciones fue utilizada para complementar la serie de CPUE de la flota internacional después de efectuar un proceso de estandarización. Se utilizó la fracción de la flota que operó con bandera mexicana bajo un acuerdo de coinversión entre México y Japón (Sosa-Nishizaki, 1998) comparando el poder de pesca de esta fracción con la flota denominada Tiburón cuando operaron en la misma región durante la misma temporada (Macías, 1993).

Se realizaron viajes de observadores a bordo en 38 cruceros de pesca comercial de los barcos palangreros denominados Tiburón I, II, III y IV durante el período de 1983 a 1990 (aproximadamente el 25% de los viajes realizados por esta flota que operó con base en Manzanillo, Colima). Se captó información relativa a la operación de pesca, como número de anzuelos operados, zona de operación, número y especie en la captura, muestras biológicas de gónadas y espinas y morfometrías de los organismos capturados.

## ***EVALUACIÓN DEL RECURSO***

### ***Edad y crecimiento***

Skillman (1989) concluye que en el Pacífico oriental existe un solo stock de pez vela. Ello es consistente con la temporalidad de los cambios en la abundancia observados en los diferentes puertos del Pacífico mexicano. Cambios que sugieren, junto con las tasas de

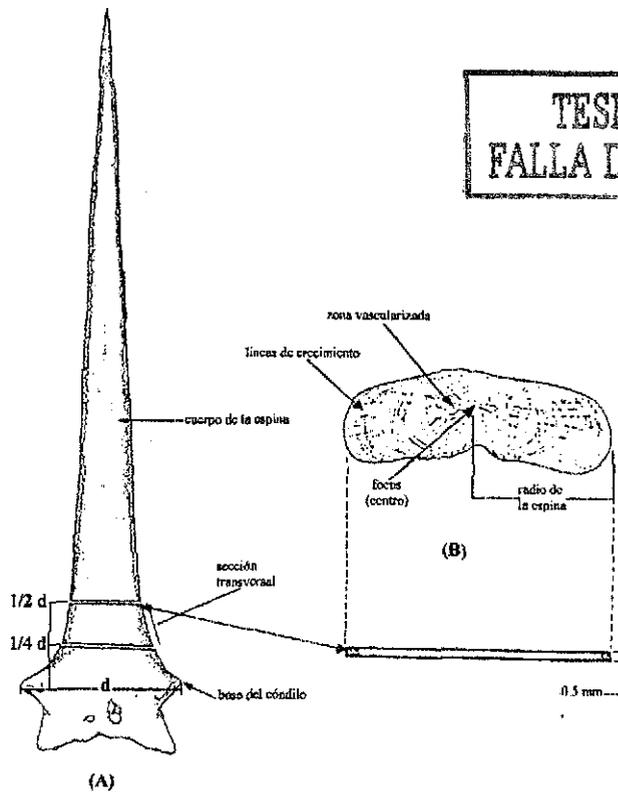


**Figura 2. Fotografía indicando la cuarta espina dorsal de pez vela, colectada para estudios de crecimiento.**

abundancia en la pesca comercial, desplazamientos norte-sur acordes a su característica de especie altamente migratoria. Considerando la existencia de un solo stock, en este análisis se incluyeron un total de 1,216 organismos de todos los sitios de muestreo de la pesca deportiva mencionados anteriormente y los colectados por los observadores a bordo entre los años 1991 a 1996.

Se colectó la cuarta espina dorsal de los organismos (Figura 2) para la lectura de bandas de crecimiento (Hedgepet y Jolley, 1983; Jolley, 1974). Las espinas se sacaron completas y se limpiaron quitándoles el exceso de tejido, se secaron al sol y en el laboratorio fueron tratadas con peróxido de hidrógeno en solución 25% durante 12 horas; posteriormente se lavaron con agua corriente y se secaron.

De acuerdo con Prince y Lee (1984), se midió el ancho de la base del cóndilo (distancia "d" en la figura 3) y justo en la marca de  $\frac{1}{2}d$  se efectuaron secciones transversales de 0.5 mm



**Figura 3. Esquema de la cuarta espina dorsal colectada en los muestreos biológicos y la región donde se realizó el corte para la lectura de las marcas de crecimiento (Tomado de Prince y Lee, 1984).**

con un cortador eléctrico y discos de diamante de 2.5 cm de diámetro. De cada espina se cortaron al menos cuatro secciones que posteriormente se lavaron en alcohol isopropílico con objeto de eliminar grasa y tejido residual; por último se montaron con resina sintética en portaobjetos de vidrio.

La lectura de las secciones se efectuó mediante su proyección en un microproyector con 6.5 y 10 mm K-A-V, se escogió la mejor sección y mediante una escala proyectada (en mm), se realizaron mediciones de las líneas de crecimiento del centro hacia el borde, de la longitud de la zona vascularizada y del radio de la espina (Figura 3) con objeto de evaluar el porcentaje de líneas de crecimiento que son enmascaradas por la zona vascularizada. Una banda clara y una

oscuro se consideraron un anillo de crecimiento. Se consideró cada línea de crecimiento como anual, de acuerdo a lo reportado por Hedgepet y Jolley (1983) y Alvarado (1993), quienes concluyen que el conjunto de una banda opaca seguida por una hialina en la cuarta espina dorsal de *Istiophorus platypterus* al sur del golfo de California representa un período anual. Las lecturas fueron realizadas por dos personas; las que no coincidieron fueron revisadas y desechadas aquellas donde no existió acuerdo.

Considerando que estos organismos presentan un rápido crecimiento y que se incorporan a la pesquería tanto deportiva como comercial en su primer o segundo año de vida (Koto y Kodama, 1962 citados por Beardsley *et al.*, 1975), se incluyeron en el análisis del crecimiento, dos grupos de organismos: el primero formado por 11 ejemplares juveniles de 7.69 cm de longitud ojo-furca y 0.003 Kg. de peso promedio, capturados en el Pacífico mexicano. Estos organismos, de acuerdo a Gehringer (1970), tendrían un promedio de aproximadamente 3 semanas de edad; a este grupo se le consideró como grupo 0 (juveniles). El segundo grupo estuvo constituido por 30 organismos de 143.4 cm de longitud ojo-furca y 17.35 Kg. de peso promedio, a los cuales no se les detectaron líneas de crecimiento, considerando con esto que no alcanzaban un año de vida. A este grupo, para fines de análisis de crecimiento, se le consideró el grupo 0.5 años (pre-reclutas). Estos dos grupos de organismos fueron colectados en viajes de pesca comercial por observadores a bordo de barcos palangreros entre julio y septiembre de 1994 en la boca del Golfo de California, frente a Bahía de Banderas y en el Golfo de Tehuantepec. El primer grupo fue capturado durante la noche, mediante una red cuchara, atrayendo a los organismos a la superficie por la luz de la embarcación; los del segundo grupo fueron capturados tanto con palangre como por pesca deportiva.

Con objeto de hacer comparaciones con lo reportado por algunos autores, se obtuvo la relación entre el radio de la espina y la longitud organismo. Jolley (1974) reportó una relación lineal para pez vela del Atlántico. Hedgepet y Jolley (1983) reportan una relación lineal entre la longitud del cuerpo y el radio de la espina también para pez vela del Atlántico. Alvarado (1993)

reporta una relación lineal entre la longitud mandibular y el radio de la espina del pez vela en el Pacífico.

El diámetro de la zona vascularizada en la sección de la espina se incrementa con la longitud del organismo y en ocasiones puede llegar a enmascarar las primeras líneas de crecimiento, provocando la subestimación de la edad. Para resolver este problema se escogieron, de acuerdo con Yatomi (1990), los organismos más jóvenes, en particular se seleccionaron organismos con un peso menor de 25 Kg. en los cuales era poco probable que la zona vascularizada alcanzara a cubrir las líneas de crecimiento anuales. Estos organismos presentaron como máximo dos líneas de crecimiento. Se midió la distancia desde el centro de la espina (considerado como el centro de la zona vascularizada) hasta la primera línea. De forma que cuando en el proceso de conteo de marcas en los restantes especímenes se presentó el posible enmascaramiento de esta primera línea impidiendo su medición, se corroboró su existencia en la parte lateral de la sección de la espina y se revisó la distancia a la que se presentaba la línea que correspondería a la segunda marca de crecimiento con objeto de contabilizar el número correcto de marcas en la espina.

La relación matemática entre la longitud ojo-furca ( $x$ ) y el peso total ( $y$ ) se obtuvo de acuerdo a la ecuación potencial del tipo  $y = a \cdot x^b$ . Considerando que solo existen dos incógnitas y no se introduce un error considerable al linealizar, se ajustó mediante la relación:  $\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(x)$  y aplicando el método de regresión lineal de mínimos cuadrados. En este análisis se incluyeron a los grupos juveniles (grupo 0) y pre-reclutas (grupo 0.5), con la finalidad de tener representado un mayor intervalo de tamaños y se realizó una prueba t-Student (Daniel, 1991) para determinar si el exponente "b", era igual o diferente de 3.

Con objeto de apreciar gráficamente el corrimiento modal, se realizaron histogramas de frecuencia de tallas de los grupos de edad y se graficaron las relaciones entre las líneas de crecimiento con la longitud ojo-furca y peso de los organismos y de la longitud de la zona

vascularizada con los grupos de edad. Así mismo, se realizaron histogramas de la distribución de tallas (longitud ojo-furca) para cada grupo de edad.

Para evaluar el crecimiento se utilizó el modelo de von Bertalanffy, considerando que sus parámetros tienen un significado biológico y que ya ha sido utilizado en estudios para esta misma especie. Para estimar los parámetros del mencionado modelo se calcularon las longitudes promedio para cada grupo de edad observado mediante la ecuación, utilizando como valores semilla de los parámetros  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  los reportados por Alvarado (1993). Se calculó luego la suma del cuadrado de las diferencias entre las longitudes observadas y las calculadas, y se cambiaron iterativamente los valores de los parámetros, mediante el algoritmo de Newton de optimización integrado en la hoja electrónica de cálculo Excel, hasta alcanzar un valor mínimo de la suma de las diferencias.

### ***Mortalidad***

El coeficiente instantáneo de mortalidad total se estimó para la muestra, suponiendo que las condiciones de explotación han permanecido prácticamente constantes durante la última década, mediante el método de la curva de captura, descrito por Sparre y Venema (1995), el cual consiste en la linealización de la ecuación de captura. Se utilizaron los valores de frecuencia de edades considerando al grupo 5 (por ser el siguiente grupo de edad al de mayor frecuencia) como la primera edad completamente reclutada y a partir de ésta fueron incluidos los datos para el cálculo de la mortalidad. Sparre y Venema (1995) menciona que una forma de decidir qué grupos de edad excluir de este análisis es excluir aquellos que sospechamos no se encuentran bajo total explotación, como son los primeros grupos de edad los cuales de acuerdo a su frecuencia reflejan la selectividad del arte.

### ***Vulnerabilidad***

Considerando que, como ya se mencionó, la parte izquierda (ascendente) de la curva de captura refleja la selectividad del arte y la parte derecha (descendente) la mortalidad (Csirke, 1980; Sparre y Venema 1995), se estimó con base en la mortalidad total  $Z$  el número aproximado de

organismos para cada clase de edad, calculado, que deberían existir en la muestra usada para la determinación de edad. De la misma forma, se tomó a la clase de edad siguiente a la clase modal como la primera clase completamente reclutada a la pesquería. Todo lo anterior con base en la relación:

$$N_a = N_0 e^{-Za}$$

$N_a$  = Número de organismos de la edad "a"

$N_0$  = Número de organismos de edad "0", que aún no se presentan en la captura.

Z = Tasa de mortalidad total.

De esta manera se estima muy a groso modo el número de organismos que deberían existir en la muestra para cada una de las edades, de forma que la vulnerabilidad para cada clase de edad ( $V_a$ ) se definió como el número de organismos de la edad "a" observados en la muestra, divididos entre el número de organismos de esa edad estimados mediante la fórmula. Esto es, se obtiene una estimación de la fracción de la población de esa clase de edad que es capturada, y representa una manera alternativa de simular el reclutamiento al arte de pesca en lugar de suponer el denominado "hoja de navaja". Para edades mayores a la edad de mayor frecuencia observada (5,6,7,8,9 y 10) se consideran completamente reclutados al arte de pesca ( $V_a=1$ ; para  $a>4$ ). Se intuye, por la naturaleza del proceso, que para las primeras edades el valor de la vulnerabilidad será de cero, por lo que mediante este proceso se define solamente el valor de la vulnerabilidad para 2 o 3 clases de edad intermedias en las cuales se supone ocurre el proceso de incorporación al arte de pesca y en las cuales la vulnerabilidad pasa de 0 a 1. De manera teórica, mediante esta relación es posible estimar el valor de  $N_0$ ; sin embargo, este valor representaría el número de organismos de la edad cero que deberían estar presentes en la muestra, no el valor absoluto de la población en esa edad y, para este caso, el  $N_0$  consistiría solo un parámetro de ajuste de la curva con difícil interpretación biológica.

### ***Fecundidad***

Uno de los parámetros poblacionales más importantes en el conocimiento de la biología reproductiva de un recurso es la fecundidad, definida como el número de óvulos maduros en una

hembra próxima al desove. Según Bagenal y Braun (1968), en algunos casos es posible contar el total de huevos; sin embargo, con especies muy fecundas es más confiable contar el número de huevos en una serie de sub-muestras debido a que cuando se cuentan varios miles de huevos es más fácil cometer errores que cuando se cuentan muestras de unos cuantos cientos.

La imposibilidad de realizar conteos totales en gónadas maduras de pez vela, obliga a que las estimaciones de fecundidad se realicen basándose en sub-muestras de un tamaño determinado y se extrapole al peso total de las gónadas. Esta metodología implica la existencia de una serie de factores que contribuyen a introducir errores y dificultan las estimaciones precisas de la fecundidad. Por ejemplo una distribución no homogénea de los óvulos maduros en los ovarios, la distribución del tejido conectivo en la superficie y dentro de los ovarios y las variaciones en la cantidad de fluidos (principalmente la solución preservadora), así como el estado de maduración cuando se hacen las estimaciones (Uchiyama y Shomura, 1974.). Esto implica la realización de una serie de pruebas previas a las estimaciones de la fecundidad con objeto de evaluar la distribución de la densidad de los óvulos maduros dentro de los ovarios y establecer el tamaño de muestra mínimo a utilizar, con el objeto de obtener una estimación confiable de la fecundidad optimizando los recursos disponibles. Esto es, es necesario la correcta estandarización del método a utilizar en cuanto a la homogeneidad de la distribución de ovocitos en la gónada y los criterios para el conteo de los mismos.

#### *Estandarización del Método*

Con objeto de realizar la estandarización de las estimaciones de fecundidad, se colectaron las gónadas de una hembra de pez vela que, de acuerdo a sus características más aparentes de forma y color, se encontraba en un estadio avanzado de madurez de acuerdo a la clasificación del desarrollo ovárico de peces propuesta por Jolley (1973). Se obtuvieron submuestras de secciones transversales en tres posiciones longitudinales de cada uno de los lóbulos; de la porción cercana al oviducto, de la parte media y de la parte anterior (figura 4) y se fijaron en una solución de formol al 10%.

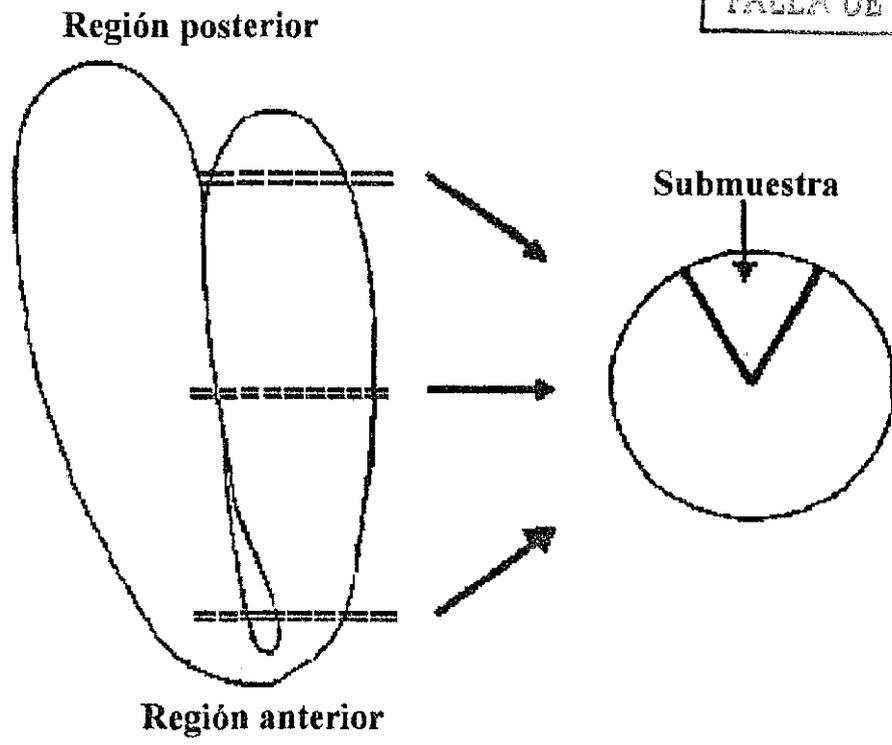


Figura 4 . Esquema de la gónada indicando la región de corte para obtención de muestras.

Las submuestras se cortaron en porciones triangulares de cada una de las secciones con objeto de minimizar el posible error debido a la maduración diferencial de los óvulos del centro a la periferia (figura 4).

De cada una de las secciones, se pesaron en una balanza analítica cuatro tamaños de submuestras (0.125, 0.25, 0.5 y 1.0 g) y se realizaron conteos de los óvulos maduros en cinco repeticiones de cada submuestra, siguiendo el método descrito por Bagenal y Braun (1968).

Los conteos fueron realizados por 3 lectores diferentes. Dado que generalmente un lóbulo es un poco más grande que el otro, se eligió el lóbulo más grande, tomando submuestras al azar de diferente tamaño (0.125, 0.25, 0.5 y 1.0 g) de la primera posición cercana al oviducto,

continuando con la siguiente parte media y posteriormente la parte anterior. De igual forma se realizaron los conteos del lóbulo menor.

Se realizó un análisis de varianza de tres factores para identificar posibles diferencias de densidad entre lóbulos, en las diferentes posiciones dentro de los lóbulos, y en el tamaño de muestra utilizado para la estimación. Se efectuaron además, análisis de varianza de un solo factor para evaluar diferencias de densidad de óvulos, uno considerando como único factor los lóbulos (izquierdo y derecho) y otro considerando como único factor los diferentes tamaños de muestra utilizados.

#### *Determinación de la Fecundidad*

Para la determinación de la fecundidad, una vez establecido el tamaño de muestra mínimo (0.125 g) se tomó una sección de la parte media del lóbulo izquierdo y se utilizó el método gravimétrico, según la técnica descrita por Bagenal y Braun (1968). La fecundidad es estimada mediante el conteo de huevecillos maduros en una submuestra y relacionado con el peso total de los ovarios mediante la relación:

$$F = \frac{W * No.deHuevecillos}{w}$$

donde:

F=fecundidad

W= peso total de las gónadas.

w= peso de la submuestra.

Se realizaron conteos de ovocitos maduros en 5 repeticiones, de 30 gónadas maduras. Con objeto de minimizar las posibles variaciones en la densidad de ovocitos debidas al peso de las gónadas y asegurar el estadio más avanzado de madurez, se utilizaron solamente gónadas maduras mayores de 3,000 g y se contabilizaron solamente los óvulos maduros, los cuales de acuerdo con Nakamura (citado por Beardsley *et al*, 1975) son transparentes, tienen

aproximadamente 0.85 mm de diámetro y poseen un glóbulo de aceite, alrededor del cual tienen una aureola color amarillo pálido y no tienen estructuras en la membrana vitelina.

### *Biomasa original*

Con el objeto de obtener un estimado de la biomasa original o biomasa del stock virgen, se utilizaron dos métodos: el primero de ellos se basa en un modelo demográfico estructurado por edades (descrito por Hilborn y Walters, 1992) el cual, considerando la fecundidad, el peso promedio, la vulnerabilidad, la madurez y la mortalidad por grupo de edad de la especie, estima para cada año el número de organismos correspondiente a cada clase de edad desde el inicio de la pesquería, utilizando una biomasa original supuesta, un reclutamiento supuesto y la relación :

$$N_{\alpha+1,t+1} = N_{\alpha,t}(1 - U_t V_\alpha) S_\alpha$$

donde:

$N_{\alpha+1,t+1}$  = Número de organismos de la edad  $\alpha+1$  en el año  $t+1$ .

$N_{\alpha,t}$  = Número de organismos de la edad  $\alpha$  en el año  $t$ .

$U_t$  = Tasa de explotación en el año  $t$ .

$V_\alpha$  = Vulnerabilidad de los organismos de la edad  $\alpha$ .

$S_\alpha$  = Sobrevivencia de los organismos de la edad  $\alpha$ .

Se utilizaron los datos de captura y esfuerzo de los lances de pesca realizados con el sistema de palangre en la región del Océano Pacífico al Este de los 130° W reportados por diferentes autores: Squire y Au (1990) reportó las información anual para el período de 1956 a 1980. De 1981 a 1987 se utilizaron los datos, detallados por lance diario, reportados por el Comité Técnico Consultivo de la Pesquería de Picudos y Especies Afines. A partir de bitácoras de pesca proporcionadas por la Delegación Federal de Pesca en el Estado de Colima se obtuvo información, detallada por lance diario, relativa a los años 1983 a 1990 de la actividad de 4 barcos palangreros que operaron con base en el Puerto de Manzanillo. También, de observadores a bordo se contó con información de 38 cruceros de pesca comercial de los barcos palangreros denominados Tiburón I, II, III y IV

durante el período de 1983 a 1996. Los años en que se traslapó la información sirvieron para efectuar una estandarización del esfuerzo para hacer comparables los diferentes tipos de información.

Con la captura y el esfuerzo observados (registros históricos) se obtuvo una CPUE observada. Con el modelo se calculó una tasa de explotación (definida como:  $U_t = \text{captura observada}_t / \text{biomasa calculada}_t$ ) y a partir de ello una CPUE calculada para cada año. Después, se minimizó la suma de las diferencias entre estas CPUE's elevadas al cuadrado, y se utilizó como criterio de optimización para el estimado de la biomasa original. La conversión de capturas reportadas en número a capturas en kilogramos se realizó utilizando un peso promedio estimado de 30.89 kg. por organismo ( $n=3,549$ ).

El segundo método se basa en un modelo de desfaseamiento (descrito por Deriso, 1980) para estimar la biomasa poblacional en el tiempo, derivado utilizando sub-modelos específicos para los procesos de sobrevivencia, crecimiento y reclutamiento, y sustituyendo esos sub-modelos en una ecuación general que define la biomasa poblacional (Hilborn y Walters, 1992). Básicamente este modelo predice la biomasa del año actual directamente de la biomasa y parámetros de sobrevivencia, crecimiento y reclutamiento de los últimos años. Es un modelo de biomasa dinámica con parámetros de significado biológico que considera un desfaseamiento en tiempo debido al crecimiento y reclutamiento.

El modelo tiene tres supuestos básicos acerca del crecimiento, sobrevivencia y captura:

1) El crecimiento en el peso promedio del organismo a una cierta edad, puede ser descrito por la siguiente relación lineal:

$$W_a = \alpha + \rho W_{a-1}$$

donde:

$W_a$  es el peso promedio del organismo a la edad  $a$ .

$w_{a-1}$  es el peso promedio del organismo a la edad  $a-1$ .

$\alpha$ ,  $\rho$  son constantes empíricas (intercepto y pendiente de la gráfica de Ford-Walford) sobre las edades  $a=k, k+1, k+2, \dots$  que están completamente reclutadas.

2) Todos los peces de edad  $k$  y más viejos, son igualmente vulnerables a la pesca.

3) Todos los peces  $k$  y más viejos tienen la misma tasa de mortalidad total anual.

Se observó que los valores numéricos de la biomasa original estimados mediante los métodos descritos diferían en magnitud. Con el objeto de integrar toda la información disponible (captura por unidad de esfuerzo para el primer modelo y de edad promedio de la captura para el segundo) se construyó un índice único como criterio de ajuste de los datos (tanto del modelo estructurado por edades como el modelo de desfaseamiento) que consistió en la suma de la variación total de los criterios de ajuste de cada uno de los modelos, más la variación total de la biomasa estimada por cada uno de ellos, divididas respectivamente por la varianza del parámetro observado. Este índice único se minimizó optimizando los estimados de la biomasa original ( $B_0$ ), el parámetro " $\alpha$ " de la relación parentela-progenie de Beverton-Holt y la sobrevivencia a la mortalidad natural ( $S_a$ ).

### **MODELO CON ESTRUCTURA ESPACIAL EXPLÍCITA**

Se utilizó un modelo conceptual como el propuesto por Hilborn y Walters (1992), el cual supone que la biomasa en el siguiente intervalo de tiempo en una unidad de área está dada por la biomasa en este tiempo en esa área, más la producción excedente, menos la captura, más la inmigración de otras áreas, menos la emigración. El modelo considera un área de distribución como una matriz de unidades de área con fronteras imaginarias a través de las cuales ocurre migración entre áreas adyacentes.

La simulación inicia con una biomasa original inferior a la estimada mediante los modelos descritos anteriormente, como población inicial distribuida en las áreas de mayor probabilidad (en función de datos históricos) de localización del recurso. Un cierto número de reclutas se incorporan cada año en cada unidad de área en función de la densidad poblacional en esa unidad de área.

El esfuerzo total simulado se distribuye en cada una de las áreas, en proporción directa a la densidad poblacional y en proporción inversa a la distancia del puerto de origen de la unidad de pesca. La captura y la población residual se estimaron suponiendo un reclutamiento al arte de pesca de "filo de navaja" para cada una de las unidades de área, sumando posteriormente para obtener el total de la población. La simulación se corrió para un período de tiempo específico y se describió el comportamiento de la población en general, la abundancia en las unidades de área de interés particular, así como la estructura de edades en la población y en las capturas.

#### ***Relación con la temperatura***

Con objeto de entender mejor los movimientos estacionales que realiza el pez vela, aparentemente diferentes de los realizados por otras especies de pico como el marlin y el pez espada, se trató de identificar una relación entre la temperatura superficial del mar y la abundancia de las especies capturadas por la flota palangrera mexicana. Las bitácoras reportadas por esta flota contienen información referente a: fecha, posición del inicio y final del lance, número de anzuelos calados, número y peso de las especies capturadas, temperatura superficial y datos meteorológicos como estado del mar, vientos, nubosidad y temperatura ambiental. Se utilizó la captura por unidad de esfuerzo CPUE (número de organismos capturados por cada 1,000 anzuelos) como un indicador de abundancia y la temperatura superficial como indicador ambiental.

Los datos corresponden (como se mencionó anteriormente) a 23 unidades de pesca, mismas que se agruparon para su análisis en cuatro grupos, formados en función de los nombres de las embarcaciones, dado que la coincidencia entre ellos generalmente implica estrategias

operativas similares: “ALIANZA”, “COPEMAPRO”, “TIBURON” y “OTROS”. Por medio de análisis de varianza (ANDEVA) y mínimas diferencias significativas (MDS) se identificaron los grupos de embarcaciones que representaron de mejor manera la relación entre el éxito de pesca de cada una de las especies en particular y la temperatura superficial. Se desecharon los registros en los que no se reportó la temperatura superficial y las temperaturas en las que no realizaron al menos cinco lances de pesca.

Se estimó el indicador de abundancia (CPUE) para cada especie en cada uno de los grupos, con intervalos de temperatura de un grado Centígrado y se realizó un diagrama de dispersión para identificar el tipo de relación aparente entre éstos parámetros. Los datos de abundancia de marlin y pez espada, de acuerdo al diagrama, se ajustaron mediante dos tipos de curvas, la normal y una curva asimétrica como la que se utiliza en biología pesquera para representar relaciones de parentela-progenie (Ricker, 1954. Citado por Sparre y Venema 1995). Para el pez vela se observó que el índice de abundancia se incrementaba conforme aumentaba la temperatura, coincidiendo los valores más altos de abundancia con los máximos valores de temperatura. Este comportamiento sugirió la utilización de la curva logística para describir empíricamente, en el rango de valores observado, esta relación.

El cálculo de los parámetros para cada una de las curvas se efectuó mediante la técnica de mínimos cuadrados y posteriormente se optimizaron con una técnica iterativa, que utiliza el algoritmo de Newton, incluida en la hoja electrónica de calculo EXCEL utilizando como criterio de optimización la suma de cuadrados residual. Los datos de marlin rayado y el pez espada se ajustaron al modelo de la curva normal de acuerdo a la relación:

$$CPUE = \frac{b}{\sqrt{2\pi}a} e^{-\frac{(T-c)^2}{2a^2}}$$

y al modelo asimétrico de acuerdo a la relación:

$$CPUE = a(T - c)e^{bT}$$

El indicador de abundancia en función de la temperatura superficial para el pez vela se ajustó a la curva normal y al modelo asimétrico mediante la curva logística:

$$CPUE = \frac{c}{1 + e^{a+bT}}$$

donde:

T = Temperatura en grados Centígrados.  
a,b,c= Parámetros de ajuste de la curva

### ***Zonas de reproducción***

Como indicadores de zonas de desove se utilizaron las colectas de juveniles de pez vela (*Istiophorus platypterus*) realizadas durante tres cruceros de pesca comercial efectuados en 1994 en el Pacífico Mexicano: en el mes de julio en el Golfo de Tehuantepec (15°36.99'N 95°00.41'W y 15°08'N, 94°56.00'W); en agosto frente a Bahía de Banderas (19°53'N, 106°33'W) y en septiembre frente a la boca del Golfo de California (22°50'N, 107°33'W) a bordo del barco palangrero "Tiburón III" el cual tiene como base de operaciones el Puerto de Manzanillo, Colima. Las colectas fueron nocturnas y los organismos fueron atraídos con las luces de cubierta del barco y capturados con dos redes de cuchara de 50 cm de diámetro y red con una luz de inalla de 1" y 3/4" con hilo multifilamento No. 15 y monofilamento de 0.25 mm, respectivamente.

En cada colecta se anotaron datos de temperatura del agua, hora y posición geográfica, esta última registrada por medio de un posicionador por satélite (GPS).

Once especímenes fueron capturados y preservados en formol al 10%, y posteriormente fijados en alcohol al 70%. Las medidas de los organismos fueron tomadas de acuerdo a Nakamura (1985), mediante un vernier con precisión de 0.1 mm, se pesaron en una báscula analítica de precisión 0.1 mg. La identificación de larvas y juveniles se realizó de acuerdo a la descripción de Nishikawa y Rimmer (1987) y Richards (1989) para larvas y juveniles.

### *Simulación de la distribución espacial.*

El área considerada (75°W a 115°W y 0° a 30°N) incluye las zonas de alta concentración de organismos localizadas al Este de los 130°W (Shingu *et al.*, 1974; Kume y Joseph, 1969; Miyabe y Bayliff, 1987) y está definida por una matriz de S x T unidades de área. Cada s x t es un cuadrado de un grado de longitud por un grado de latitud con una superficie de 360 millas<sup>2</sup> aproximadamente. La unidad de área  $a_{ij}$  es un elemento de la matriz:

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,t} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{s,1} & a_{s,2} & \cdots & a_{s,t} \end{bmatrix}$$

A cada uno de estos elementos de área se le asignó un coeficiente  $P_{ij}$  con valores entre 0 y 3, de forma proporcional al índice de pesca de pez vela en esa unidad de área, lo cual generó una matriz también con dimensiones S x T. Se asignó el valor de 0 a los elementos  $a_{ij}$  con más del 50% de superficie de tierra, 1 para índices mayores de 0 y menores de 1, 2 para índices iguales o mayores de 1 y menores de 2 y un valor de 3 para aquellas unidades que han presentado los índices más altos de éxito de pesca comercial (>2.00 organismos capturados por cada 100 anzuelos), correspondiendo en forma proporcional los valores intermedios del coeficiente a las áreas con valores intermedios de

éxito de pesca. Estos valores se asignaron con base en los datos reportados por Miyabe y Bayliff (1987).

Se obtuvo la información relativa a los rendimientos diarios registrados en la pesca deportiva a lo largo del año en Los Cabos, Baja California Sur (desde 1987 hasta 1996) y Mazatlán, Sinaloa (desde 1979 hasta 1996). Estos indicadores de abundancia promedio mensuales se utilizaron para estimar la fracción de la población que se desplazó hacia el Noroeste o al Sudeste asociados a los movimientos estacionales de las isothermas superficiales de mayor temperatura en esa región del Pacífico. Estos índices de migración, con objeto de introducirlos al modelo de simulación, se descompusieron en sus respectivos componentes en los ejes Norte-Sur y Este-Oeste considerando el ángulo formado por la costa a lo largo de la cual se da el movimiento migratorio y los mencionados ejes.

La simulación inició con cierto número de organismos  $n_{ij}$  por celda, inferior a cualquier estimado de abundancia, en el tiempo  $t=1955$ , distribuidos en las unidades con mayor coeficiente de probabilidad; la migración se simuló mediante coeficientes para cada una de las direcciones y para cada uno de los meses, lo cual está representado por una matriz de 12x4 (mes X dirección). Los valores de estos coeficientes están dados en porcentaje de organismos que se mueven entre unidades de área adyacentes. El número total de organismos que se mueven a través de una frontera en particular ( $M_{d,ij}$ ;  $d$  representa la dirección del movimiento, 1=Norte, 2=Oeste, 3=Sur, 4=Este) es directamente proporcional a la densidad poblacional en la unidad de origen, al coeficiente de migración (en ese tiempo), y al índice de pesca en la unidad de destino. De esta forma, la población residual en una celda  $a_{ij}$  después de un intervalo de tiempo sin considerar mortalidad o reclutamiento, estará definida como:

$$n_{i,j}(t + \Delta t) = n_{i,j}(t) - \sum_{d=1}^4 M_{d,i,j} + M_{1,i+1,j} + M_{2,i,j-1} + M_{3,i-1,j} + M_{4,i,j+1}$$

Con el fin de considerar la capacidad de carga del medio, se estableció como límite una constante que representa el número máximo de organismos por unidad de área, de forma que esta constante y el índice de pesca definen un valor máximo para la  $ij$ -ésima celda:

$$n_{\max,i,j} = \frac{N_{\infty} P_{i,j}}{100}$$

donde:

$n_{\max,i,j}$  = Número máximo de organismos en la celda  $i,j$ .

$N_{\infty}$  = Número máximo de organismos por unidad de área.

$p_{i,j}$  = Coeficiente proporcional a la densidad de organismos en el área  $a_{i,j}$ .

El proceso de emigración a la celda destino está condicionado a que no se exceda este valor en esa celda.

El intervalo de tiempo  $\Delta t$  entre un proceso de emigración y otro es de aproximadamente una semana (1/48 año). Esta unidad de tiempo está asociada a la posibilidad o velocidad de desplazamiento de los organismos que en un ciclo anual, se supone, son capaces de moverse desde un extremo a otro de la ZEEM.

### *Dinámica del stock*

La dinámica del stock se simuló considerando una estructura por edades, esto es, la incorporación anual de un grupo de edad nuevo. La población residual de un grupo de edad en particular que sufrió mortalidad por pesca y/o natural, pasa a constituir el siguiente grupo de edad al siguiente año, de acuerdo a la relación definida anteriormente:

$$N_{a+1,t+1} = N_{a,t} (1 - U_t V_a) S_a$$

El número de reclutas está dado por el modelo de Beverton-Holt que relaciona al reclutamiento con el stock parental:

$$N_{t+1} = \frac{aE_t}{b + E_t}$$

donde:

$a$  : es el número máximo posible de reclutas.

$b$ : es el nivel de población al cual el reclutamiento es  $a/2$ .

$E_t$ : es el número total de huevos producidos por el stock.

$E_t = \sum_{a=1}^s N_{t,a} e_a$ ;  $e_a$ : Fecundidad a la edad específica..

Este grupo de edad se incorpora a la pesquería un año después, y su reclutamiento se supone como de "filo de navaja". El número total de organismos que conforman la población en un tiempo  $t$  está dado por la suma de los organismos en cada una de las  $s \times t$  celdas:

$$N_t = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t n_{i,j}$$

### *Dinámica del esfuerzo pesquero*

Con objeto de simular la distribución geográfica del esfuerzo pesquero de la flota comercial, se asume que la matriz en toda su extensión recibe un esfuerzo total con un solo tipo de arte de pesca. Se asume, además, que el esfuerzo  $e_{ij}$  ejercido en una unidad de área particular es directamente proporcional a la abundancia  $n_{ij}$  en esa unidad, e inversamente proporcional a la distancia al puerto base de la unidad de pesca:

$$e_{i,j} = Q \frac{n_{i,j}}{\sqrt{(y - y_{i,j})^2 + (x - x_{i,j})^2}}$$

donde:

Q es una constante de proporcionalidad.

x, y son las coordenadas del puerto base de la unidad de pesca.

$x_{i,j}, y_{i,j}$  son las coordenadas de la  $ij$ -ésima unidad de área.

El valor de la constante de proporcionalidad Q se estimó como un promedio del esfuerzo ejercido por unidad de área durante los 10 años (1980-1990) de la pesquería mexicana suponiendo la flota que operó con base en Manzanillo, Colima como representativa de ese período y suponiendo una biomasa total igual a la estimada por el modelo estructurado por edades.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RESULTADOS

### EVALUACION DEL RECURSO

#### Edad y crecimiento

En la figura 5 se presenta la relación longitud-peso obtenida, incluyendo a los grupos juveniles y prereclutas para un intervalo de longitudes ojo-furca de 4.3 a 209 cm. La ecuación particular es:

$$W=7.34E-06 L^{2.963}$$

Esta relación muestra un factor  $b=2.963$  ( $n=1169$ ;  $r=0.992$ ). La prueba  $t$  indicó, con un nivel de significación de  $\alpha=0.05$ , que  $b$  no es diferente de 3, lo cual implica que los datos no apoyan la hipótesis de crecimiento alométrico.

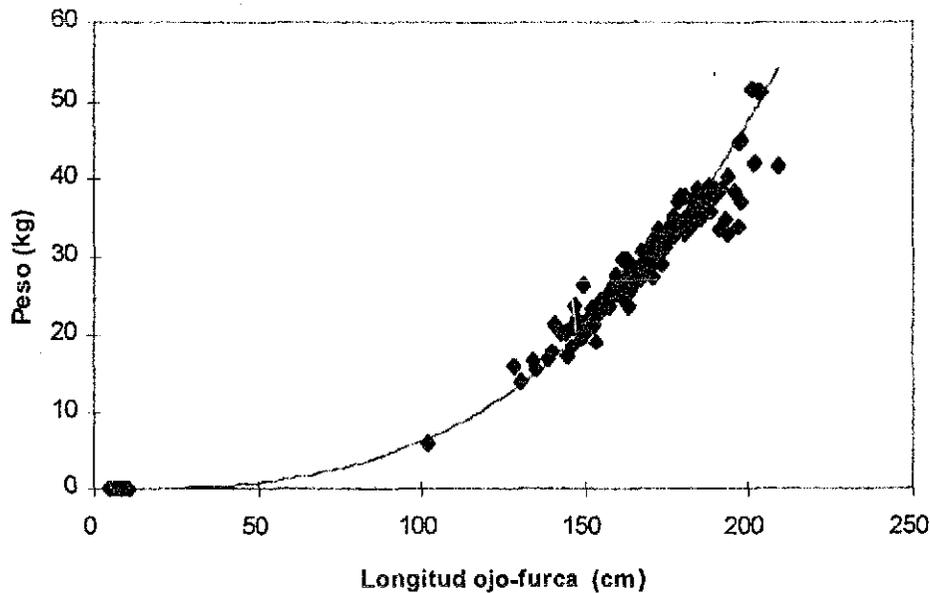


Figura 5. Relación longitud-peso para *Istiophorus platypterus* en el Pacifico mexicano.

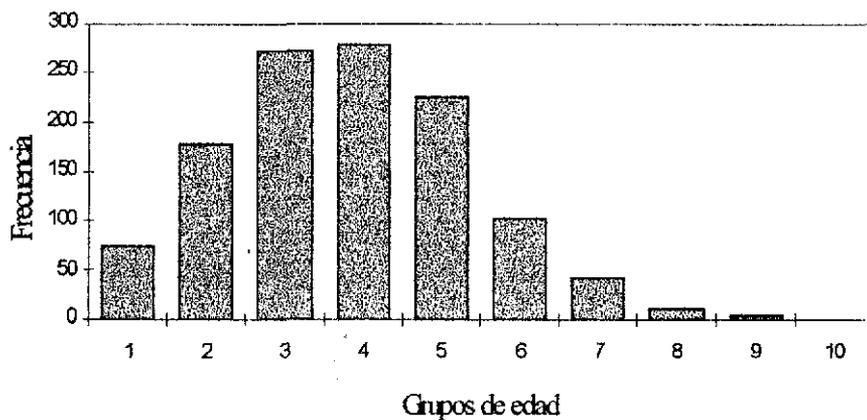
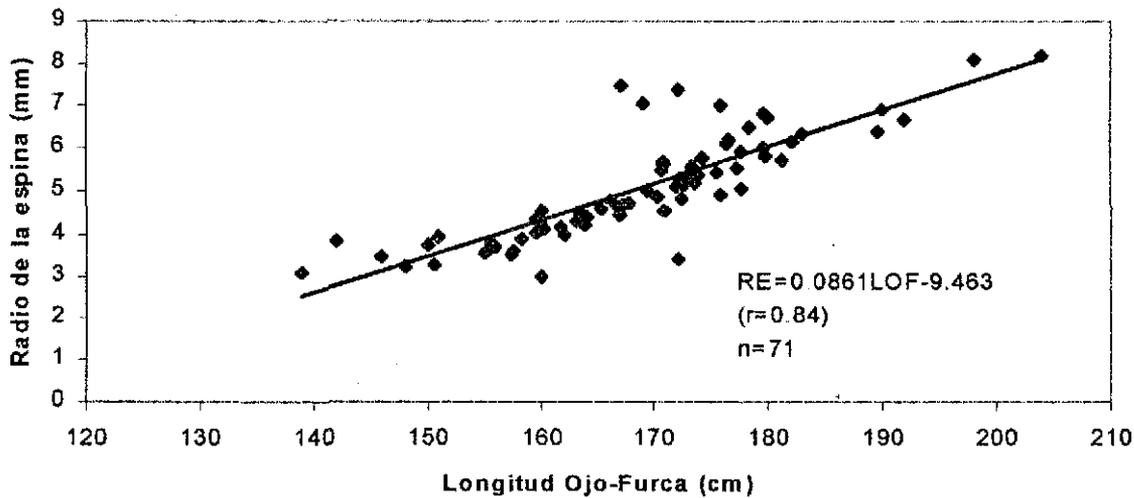


Figura 6. Distribución de los grupos de edad identificados para *Istiophorus platypterus*.

Los organismos utilizados en el estudio de crecimiento tuvieron tallas que oscilaron entre 4.3 y 230 cm de longitud ojo-furca. Se realizaron lecturas en un total de 1,216 espinas, de las cuales se desecharon 128 cortes por no coincidir el valor del conteo de marcas de crecimiento entre los lectores. Se determinaron 10 grupos de edad en la población, siendo más abundante el grupo 4, posteriormente el 3 y el menos abundante el grupo 10; cabe mencionar que de este último grupo sólo se registró un ejemplar (Fig. 6).

Es importante enfatizar, como se mencionó anteriormente, que la muestra corresponde a organismos tanto de la pesca comercial como de la deportiva capturados a lo largo de la ZEE del Pacífico mexicano, región que de acuerdo con Skillman (1989) agrupa un solo stock de pez vela, cuya área de distribución geográfica excede hacia el sur las fronteras de la ZEE. De manera que



**Figura 7. Relación entre el radio de la espina (RE) y la longitud ojo-furca (LOF) para pez vela.**

todos los organismos de esta especie capturados en la mencionada región pertenecen al mismo stock.

A los datos de radio de la espina (RE) y longitud del pez (LOF) se ajustó la ecuación  $RE=0.0861 LOF -9.463$  ( $r=0.84$ ) (Fig. 7).

En las figuras 8 y 9 se presentan la longitud y el peso de los organismos en función de los grupos de edad en cada organismo. El grupo de peces ubicado en la posición 0.5 líneas de crecimiento, corresponde a los 30 peces con 110 cm de longitud promedio que no presentaban líneas de crecimiento (edad menor a un año) y que fueron considerados como pre-reclutas. Es evidente la gran variación en las magnitudes de estos parámetros para cada grupo de edad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

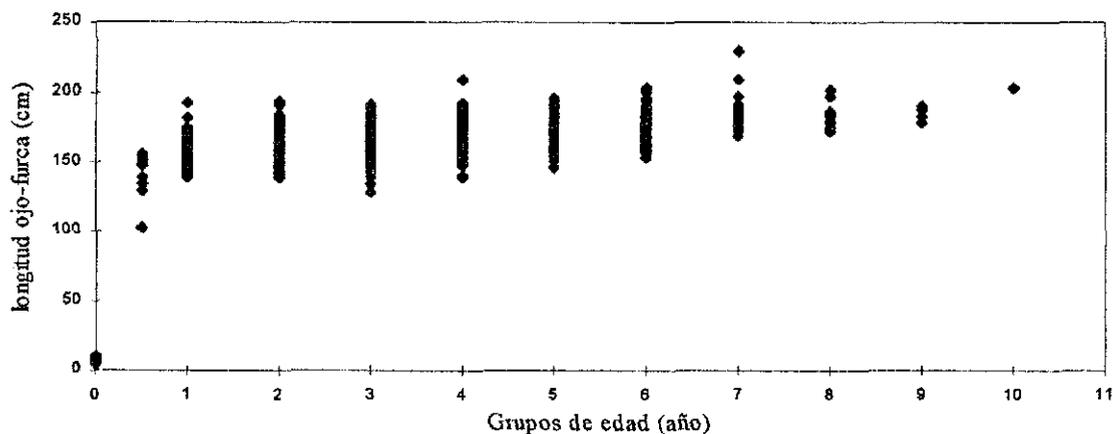


Figura 8. Relación entre grupos de edad y longitud ojo-furca.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

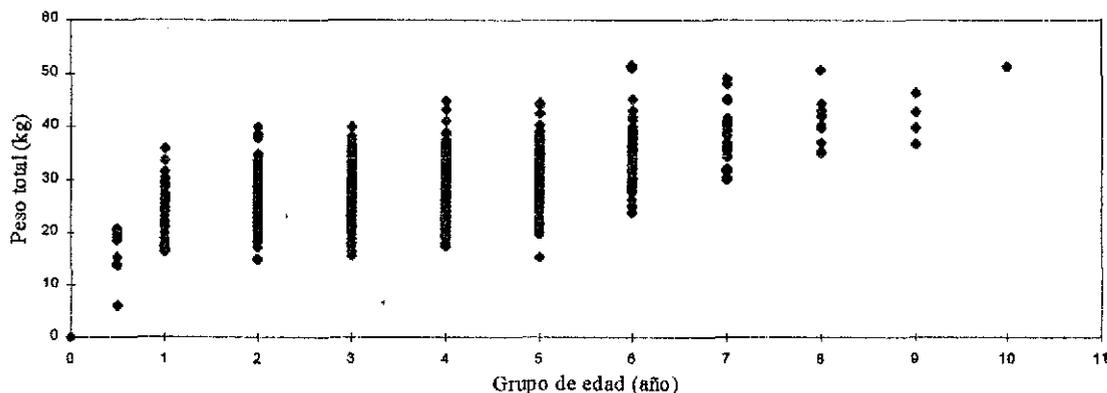
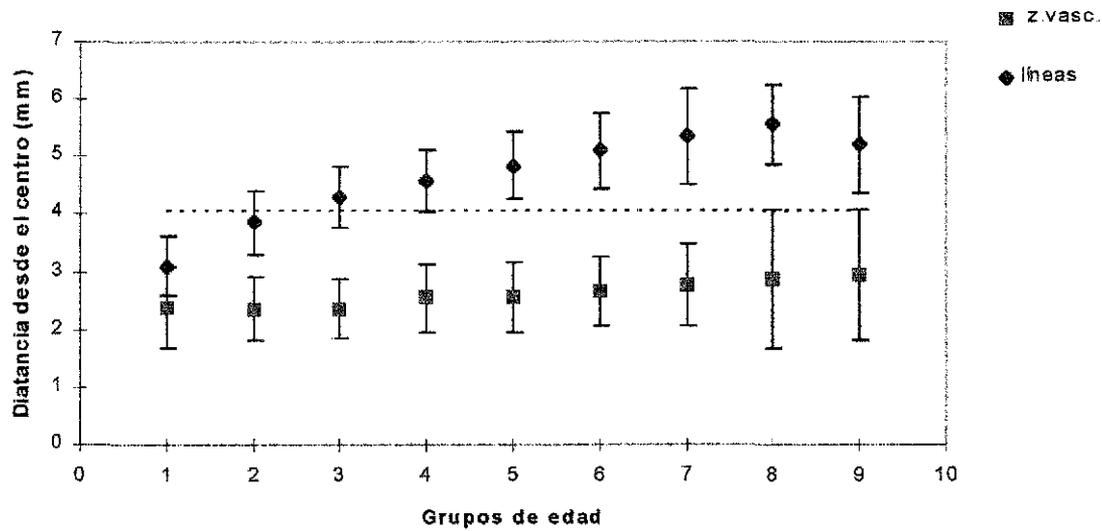


Figura 9. Relación entre el número de líneas de crecimiento y el peso para pez vela.

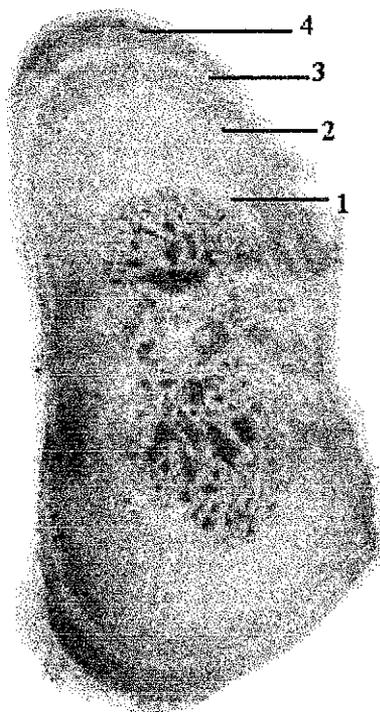
En la figura 10 se presentan las distancias promedio, medidas desde el centro de la espina, de formación de las marcas de crecimiento y el radio de la zona vascularizada para cada grupo de edad. Se aprecia, con la línea horizontal punteada que señala la máxima varianza, que la zona vascularizada solamente alcanza a cubrir la primera y ocasionalmente la segunda línea de crecimiento en aquellos organismos que tienen 8 o más líneas de crecimiento. Si



**Figura 10. Longitud promedio de la zona vascularizada (z. vasc.), líneas de crecimiento (líneas) y desviación estándar para cada grupo de edad.**

consideramos que la mayor parte de la población tiene edad 3 y 4, esperaríamos que solo una pequeña fracción

de las espinas colectadas presentaran traslapamiento de marcas de crecimiento con la zona vascularizada.



a)

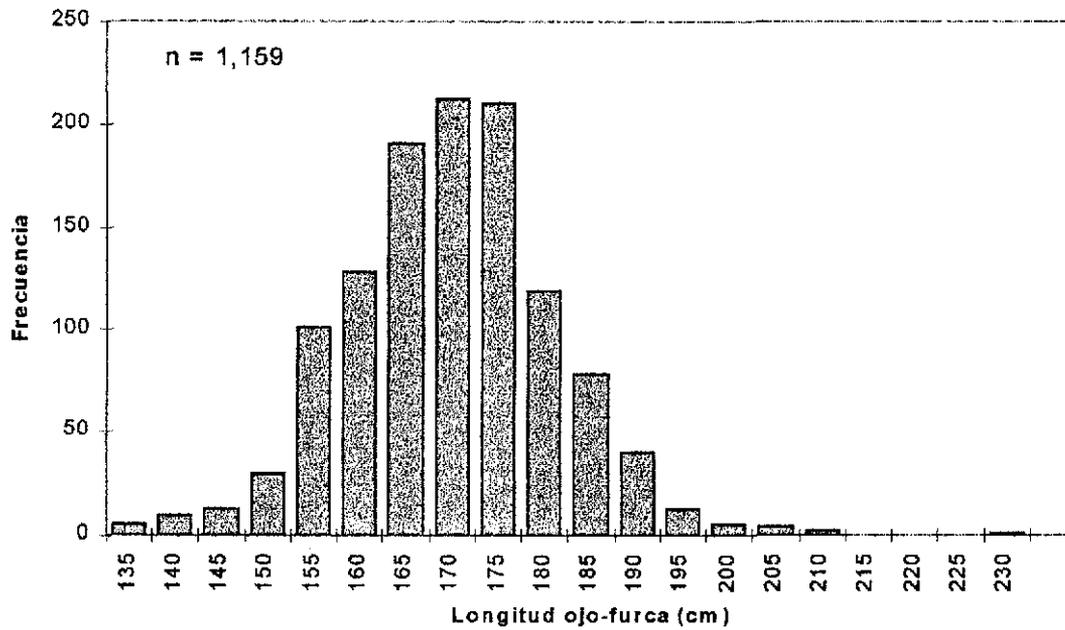


b)

**Figura 11. Fotografía de la sección de la cuarta espina dorsal de un pez vela en el Pacífico mexicano. a) Con 4 marcas de crecimiento, b) con 2 marcas de crecimiento.**

En la figura 11 se presentan dos cortes de espina típicos, donde se aprecia la magnitud de la zona vascularizada con relación a la magnitud de la espina y la región donde se forman las marcas de crecimiento que para este caso corresponden a organismos con 4 y 5 marcas.

La frecuencia de tallas de los organismos, tanto en la captura comercial (aproximadamente 20%) como en la deportiva (aproximadamente 80%) presentaron una distribución unimodal, con un máximo en las tallas entre 165-175 cm de longitud ojo-furca (Fig.

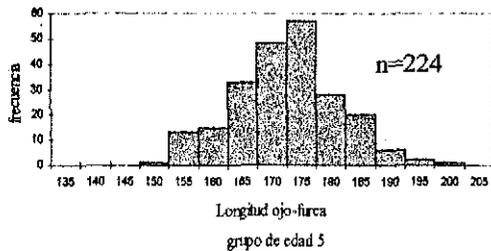
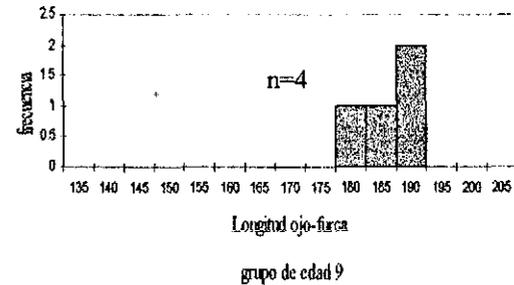
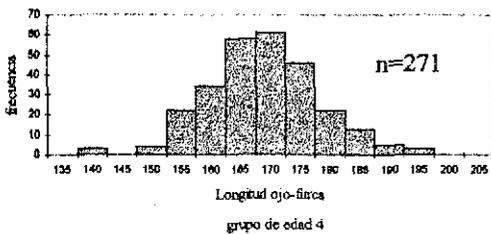
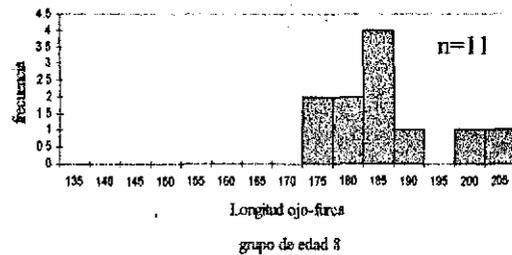
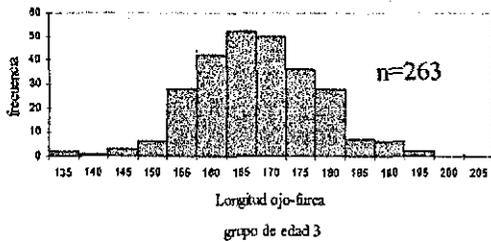
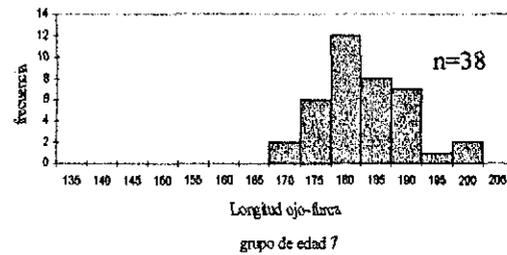
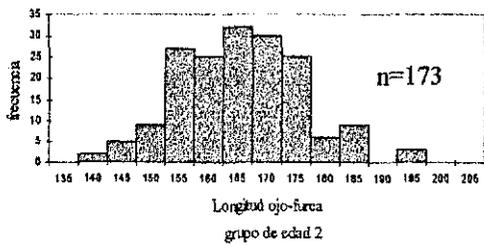
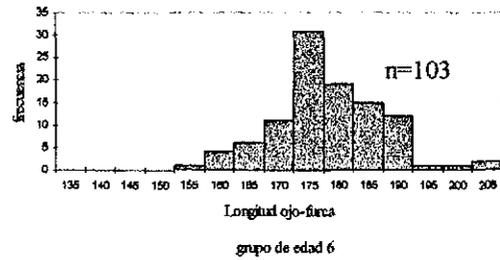
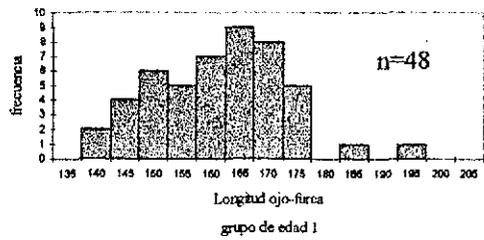


**Figura 12. Distribución de tallas en la pesca de pez vela en el Pacífico mexicano.**

12). Vale la pena mencionar que no se incluyen los organismos juveniles capturados con la red cuchara en los viajes de observadores a bordo.

En la figura 13 se presenta la distribución de frecuencia de tallas por grupo de edad. Se aprecia el ligero corrimiento de la moda conforme se incrementa el número de marcas de crecimiento leídas. Sin embargo también se observa un traslape sobre todo en los grupos 2 al 5 (Fig.13).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



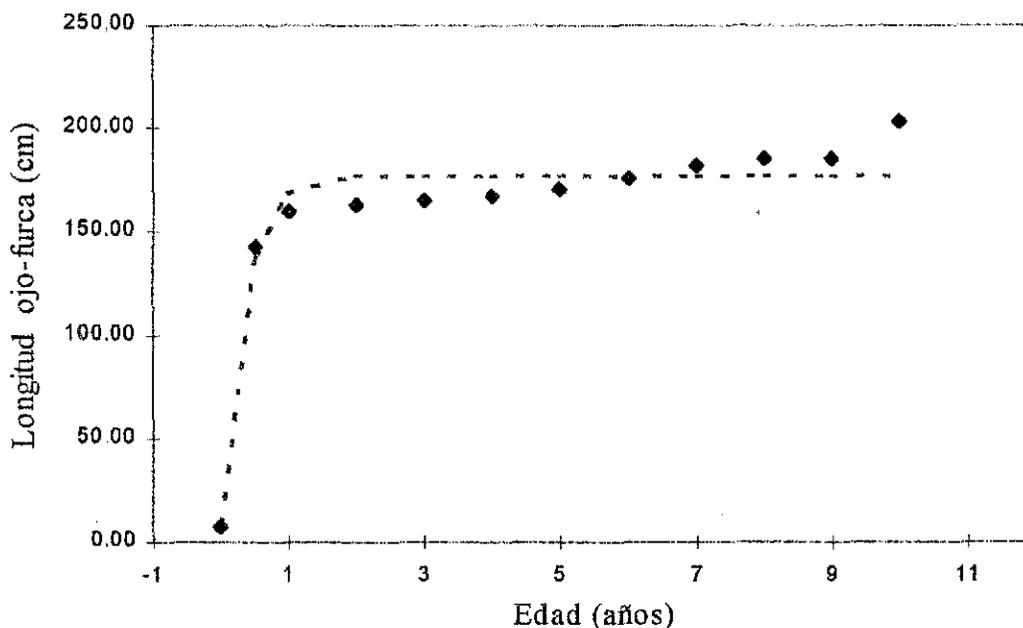
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 13. Distribución de tallas por grupo de edad para pez vela.

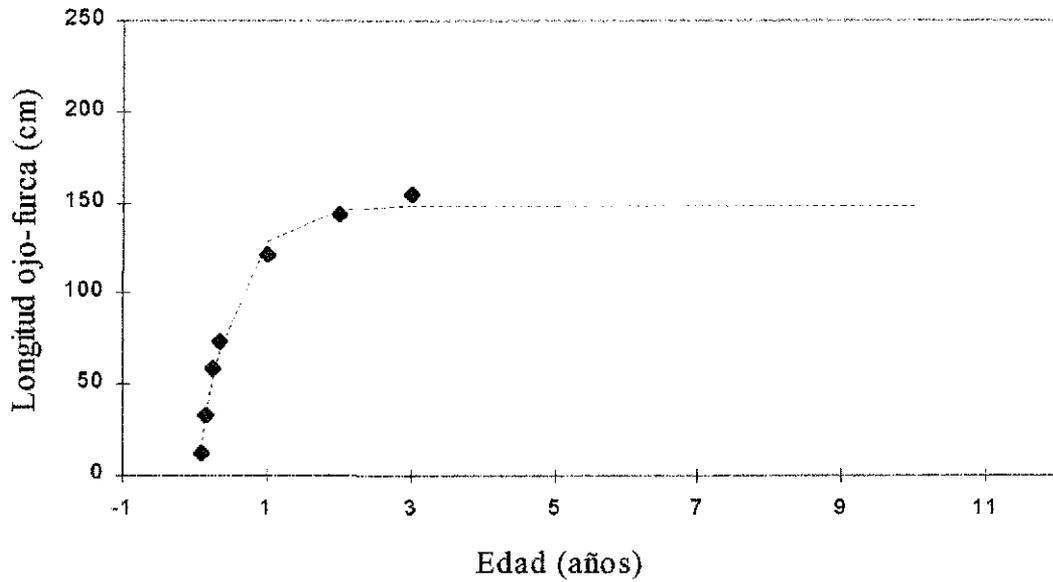
Los valores de los parámetros de crecimiento estimados para los organismos analizados, los estimados para el Océano Atlántico con base en las longitudes y edades reportadas por De Sylva (1957) citado por Beardsley et al. (1975), y los reportados para el Pacífico por Alvarado(1993), se presentan en la tabla 2. Las figuras 14 y 15 corresponden a los valores de longitud promedio y las curvas de crecimiento ajustadas.

**Tabla 2. Parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy para pez vela.**

Océano:	Método de Estimación	$L_{\infty}$ (cm)	K (1/año)	$t_0$ (años)
Pacífico	Iterativo	177.16	2.970	-0.01603
Atlántico	Iterativo	148.37	2.090	-0.03335
Pacífico (Alvarado, 1993)	López-Veiga	207.30	0.752	-0.00160
	Iterativo	203.74	0.991	-0.00180



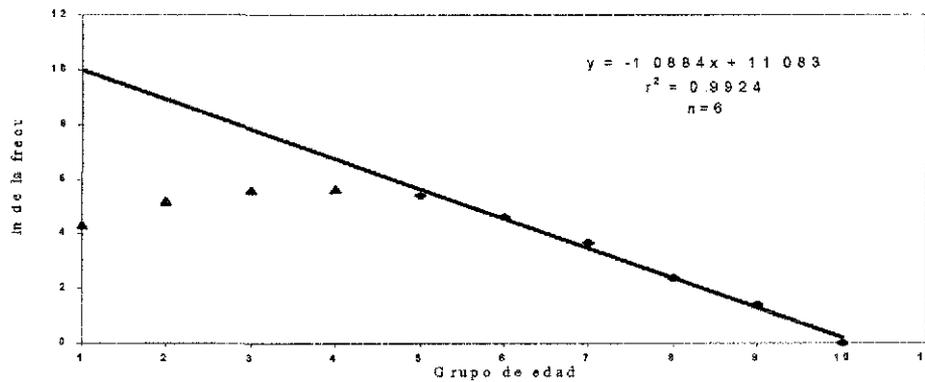
**Figura 14. Valores de longitud promedio y curva de crecimiento ajustada para pez vela en el Pacífico mexicano.**



**Figura 15.** Longitud promedio y curva de crecimiento ajustada para pez vela del Atlántico. Datos reportados por De Sylva (1957) citado por Beardsley (1975).

**Mortalidad**

El coeficiente instantáneo de mortalidad total para el pez vela, estimado en el área estudiada mediante la curva de captura, fue de  $Z=1.09$  ( $r^2=0.992$ ) (Fig.16).



**Figura 16.** Mortalidad total para pez vela en el Pacífico mexicano. Los puntos señalados con triángulos corresponden a las edades que no participan en la estimación de Z por no encontrarse completamente reclutados a la pesquería.

### ***Vulnerabilidad***

Los resultados obtenidos mediante la ecuación de captura para cada grupo de edad, se presentan en la tabla 3. No se incluyen las edades 0 y 0.5, debido a que se supone que en esa etapa solo actúa la mortalidad natural (su vulnerabilidad se supone igual a 0). Para las edades 6 y mayores se consideran grupos de edad completamente reclutados a la pesca y su vulnerabilidad se considera igual a la unidad. La columna de la derecha son los valores redondeados que se utilizaron en el modelo.

**Tabla 3. Valores estimados de vulnerabilidad por grupo de edad para pez vela.**

Edad (a)	Frec Obs	Frec Calc	Vulnerabilidad	Va
1	75	21,908	0.00	0.0
2	178	7,378	0.02	0.0
3	273	2,484	0.10	0.1
4	279	837	0.33	0.3
5	224	282	0.79	0.8
6	103	95	1.08	1.0
7	40	32	1.25	1.0
8	11	11	1.02	1.0
9	4	4	1.10	1.0
10	1	1	0.81	1.0

### ***Fecundidad***

#### *Estandarización del método*

Los resultados de los 120 conteos (Tabla 4) de óvulos en los diferentes tamaños de submuestras se extrapolaron a número de óvulos por gramo (Tabla 5) con el fin de efectuar los análisis estadísticos.

**Tabla 4. Lecturas de número de ovocitos en submuestras de gónada de hembra madura de pez vela.**

Peso de la Submuestra (g)	LOBULO MAYOR			LOBULO MENOR		
	1	2	3	1	2	3
0.125	439 (1)	315 (2)	407 (2)	573 (1)	517 (2)	545(3)
	432 (1)	337 (2)	524 (3)	541 (3)	506 (2)	512(3)
	384 (1)	444 (2)	508 (3)	482 (2)	476 (2)	528(3)
	474 (1)	329 (2)	517 (3)	476 (2)	564 (1)	565(2)
	446 (1)	502 (1)	422 (2)	481 (2)	485 (3)	530(2)
0.250	828 (2)	722 (2)	841 (2)	999 (3)	1258 (3)	1143 (3)
	1242 (2)	706 (2)	993 (3)	816 (1)	1112 (3)	1170 (3)
	866 (3)	983 (1)	847 (2)	859 (1)	1046 (2)	1115 (2)
	878 (1)	685 (2)	995 (1)	1111 (3)	1057 (2)	1321 (1)
	712 (2)	970 (1)	887 (2)	937 (2)	1073 (2)	1010 (2)
0.500	1951 (1)	1610 (1)	1813 (3)	2046 (3)	2247 (3)	2165 (3)
	1641 (3)	1525 (2)	2174 (1)	2073 (3)	2098 (3)	2214 (3)
	1995 (1)	1654 (3)	1819 (2)	1946 (2)	2118 (1)	2127 (2)
	1495 (2)	1579 (3)	1785 (2)	1998 (3)	2011 (2)	2337 (1)
	1690 (1)	1704 (1)	1736 (2)	2048 (1)	2152 (3)	2355 (1)
1.000	3157 (3)	2857 (2)	3218 (3)	3899 (1)	4607 (3)	4306 (3)
	3135 (3)	2781 (2)	3522 (1)	3645 (3)	4344 (3)	4289 (1)
	2575 (1)	3221 (3)	3327 (3)	3447 (2)	3999 (1)	4064 (2)
	3655 (1)	3237 (1)	3345 (3)	4027 (3)	4068 (2)	4342 (1)
	3093 (3)	2946 (2)	3318 (2)	3563 (2)	3713 (1)	4073 (3)

Los números entre paréntesis se refieren al lector que realizó el conteo: (1) Lector 1, (2) Lector 2, (3) Lector 3

**Tabla 5. Número de óvulos por gramo de pez vela.**

Peso de la Submuestra (g)	LÓBULO MAYOR			LÓBULO MENOR		
	1	2	3	1	2	3
0.125	3512	2520	3256	4584	4136	4360
	3456	2696	4192	4328	4048	4096
	3072	3552	4064	3856	3808	4224
	3792	2632	4136	3808	4512	4520
	3568	4016	3376	3848	3880	4240
0.250	3312	2888	3364	3996	5032	4680
	4968	2824	3972	3264	4448	4572
	3464	3932	3388	3436	4184	4460
	3512	2740	3980	4444	4228	5284
	2848	3880	3548	3748	4292	4040
0.500	3902	3220	3626	4092	4494	4330
	3282	3050	4348	4146	4196	4428
	3990	3308	3638	3892	4236	4254
	2990	3158	3570	3996	4022	4674
	3380	3408	3472	4096	4304	4710
1.000	3157	2857	3218	3899	4607	4306
	3135	2781	3522	3645	4344	4289
	3575	3221	3327	3447	3999	4064
	3655	3237	3345	4027	4068	4342
	3093	2946	3318	3563	3713	4073

Los resultados del análisis de varianza indican que no existe una diferencia significativa en el número de óvulos por gramo para los diferentes tres factores considerados (Tabla 6), aunque el valor de la razón de varianza para el factor de A (lóbulos) es sensiblemente mayor que los relativos a los demás factores, indicando que este factor a pesar de no producir una diferencia significativa contribuye en mayor medida a la variación total observada.

**Tabla 6. Análisis de varianza de tres factores, para las lecturas de número de óvulos por gramo en una gónada madura de pez vela. Se consideran como factores de variación al lóbulo (factor A), posición de la muestra (factor B) y tamaño de muestra (factor C).**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Razón de varianza; (F tablas)
FACTOR A	17,193,702.00	1	17,193,702.00	1.306; (3.92)
FACTOR B	2,822,067.25	2	1,411,033.63	0.107; (3.07)
FACTOR C	1,321,838.88	3	440,612.97	0.033; (2.68)
FACTOR AB	2,189,594.75	2	1,094,797.38	0.083; (3.07)
FACTOR AC	45,269.13	3	15,089.71	0.001; (2.68)
FACTOR BC	410,768.88	6	68,461.48	0.005; (2.17)
FACTOR ABC	629,341.13	6	104,890.19	0.008; (2.17)
ERROR	13,163,674.00	96	1,347,121.61	
TOTAL	37,776,256.00	119		

Factor A: Lóbulo (izquierdo, derecho)

Factor B: Posición de obtención de muestra (anterior, media, posterior)

Factor C: Tamaño de submuestra (0.125, 0.250, 0.500, 1.000 g)

De igual forma se realizó un análisis de varianza de un solo factor utilizando como único factor de variación los diferentes tamaños de muestra. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 7, estos indican que no existe una diferencia significativa en los 4 diferentes tamaños de muestra utilizados.

**Tabla 7. Análisis de varianza de un factor para las lecturas de densidad de óvulos por gramo en una gónada madura de pez vela, considerando como único factor los diferentes tamaños de muestra.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G. L.	Cuadrado medio	Razón de Varianzas
Entre	1321862.00	3	440620.66	1.40
Dentro	36454528.00	116	314263.19	F(tablas)= 2.68
Total	37776390.00	119		

### *Determinación de Fecundidad*

Los valores de fecundidad obtenidos oscilaron entre 5'730,080 y 23'820,400 huevecillos maduros, con un promedio de 15'166,498/gónada. Los resultados de los conteos de huevecillos maduros se presentan en la tabla 8.

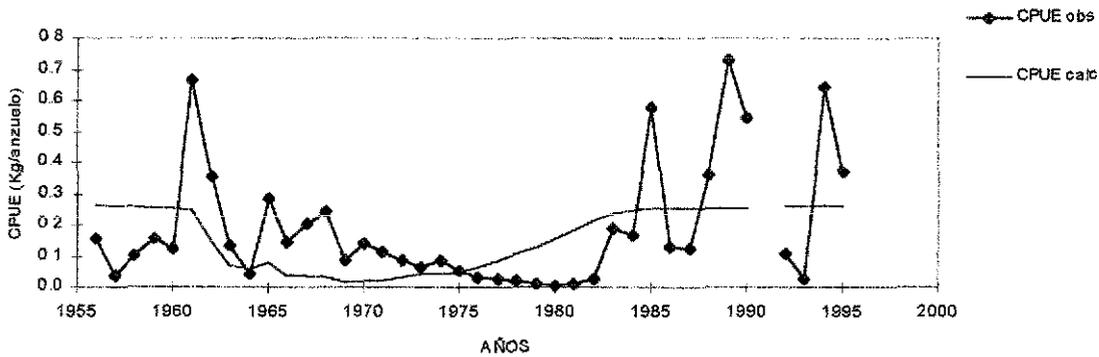
**Tabla 8. Valores de fecundidad en 30 hembras maduras de pez vela. Óvulos maduros.**

LONG. OJO FURCA (cm)	PESO GONADA (g)	FECUNDIDAD	Óvulos/g
163.0	3,150	14,394,240	4,569.6
165.0	3,550	13,348,000	3,760.0
166.0	4,000	19,257,600	4,814.4
166.5	3,800	17,382,720	4,574.4
171.0	3,225	17,105,400	5,304.0
172.0	3,200	21,386,240	6,683.2
172.0	3,850	16,964,640	4,406.4
173.0	3,100	12,414,880	4,004.8
173.0	3,950	19,294,960	4,884.8
174.0	3,600	15,402,240	4,278.4
175.0	3,125	14,200,000	4,544.0
175.0	4,250	23,820,400	5,604.8
177.0	3,200	6,430,720	2,009.6
178.0	3,500	16,116,800	4,604.8
179.0	3,272	15,312,960	4,680.0
179.0	3,750	15,364,800	4,097.3
181.0	2,950	5,730,080	1,942.4
172.9	3,498	15,525,099	4,438.3
184.0	3,150	11,813,760	3,750.4
185.0	3,375	12,798,000	3,792.0
187.0	4,100	16,655,840	4,062.4
189.0	3,000	13,401,600	4,467.2
189.5	3,280	9,881,984	3,012.8
189.6	4,875	15,958,800	3,273.6
190.0	4,975	18,864,720	3,791.9
192.0	3,375	16,066,400	4,760.4
192.0	3,800	13,534,080	3,561.6
195.0	4,100	10,797,760	2,633.6
195.2	3,860	15,890,848	4,116.8
198.0	4,700	17,702,080	3,766.4
207.3	4,000	17,702,400	4,425.6

### ***Biomasa original***

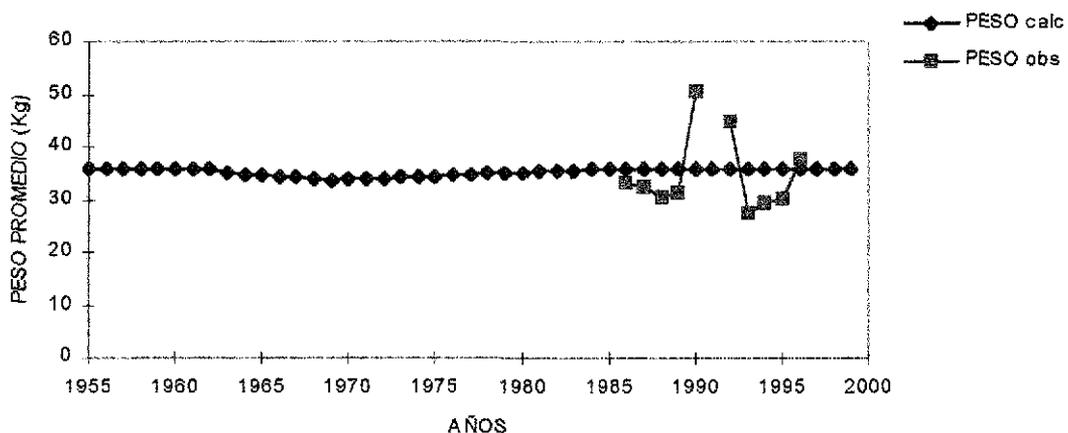
En la figura 18 se presenta el índice de CPUE observado y la CPUE calculada mediante el modelo estructurado por edades. En la figura 19 se presentan el ajuste del modelo de acuerdo al criterio del peso observado en relación con el peso pronosticado. En la figura 20 se presentan la biomasa total predicha para cada tiempo por los dos modelos y la biomasa vulnerable calculada por el modelo estructurado por edades.

Los valores estimados por los modelos fueron: para la biomasa original  $B_0=43,000,000$  Kg., para el parámetro  $a$  de la relación parentela-progenie de Beverton-Holt  $a= 3.58 \times 10^6$  y para la sobrevivencia a mortalidad natural  $S=0.68$  ( $M=0.38$ ). De acuerdo con la relación  $MSY=0.5MB_0$ , propuesta por Gulland (1977) (citado por Sparre y Venema 1995), estos resultados implican un rendimiento máximo sostenible de un poco más de 8,300,000 Kg. anuales.

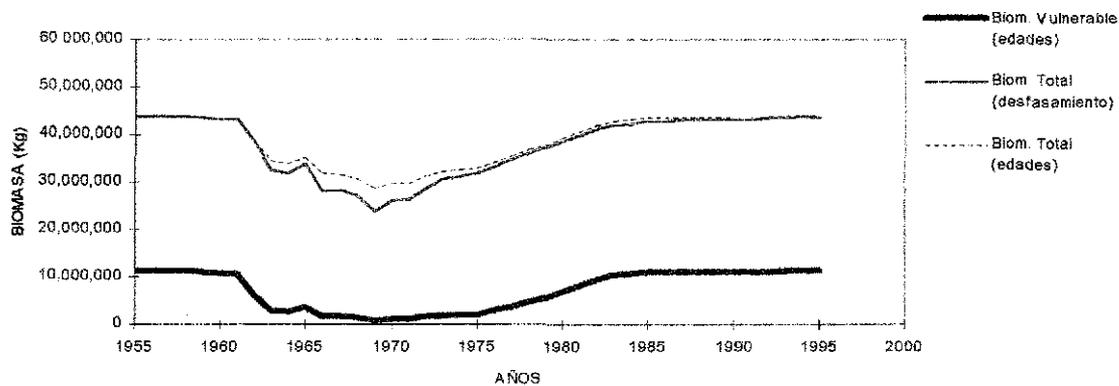


**Figura 18. Ajuste del modelo estructurado por edades, utilizando como criterio la CPUE observada y la CPUE calculada.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 19. Ajuste del modelo de desfaseamiento utilizando el peso promedio observado y el peso promedio calculado de los peces vela capturados en la pesca comercial .**



**Figura 20. Biomasa total y biomasa vulnerable estimada por los modelos estructurado y de desfaseamiento.**

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## **MODELO CON ESTRUCTURA ESPACIAL EXPLICITA**

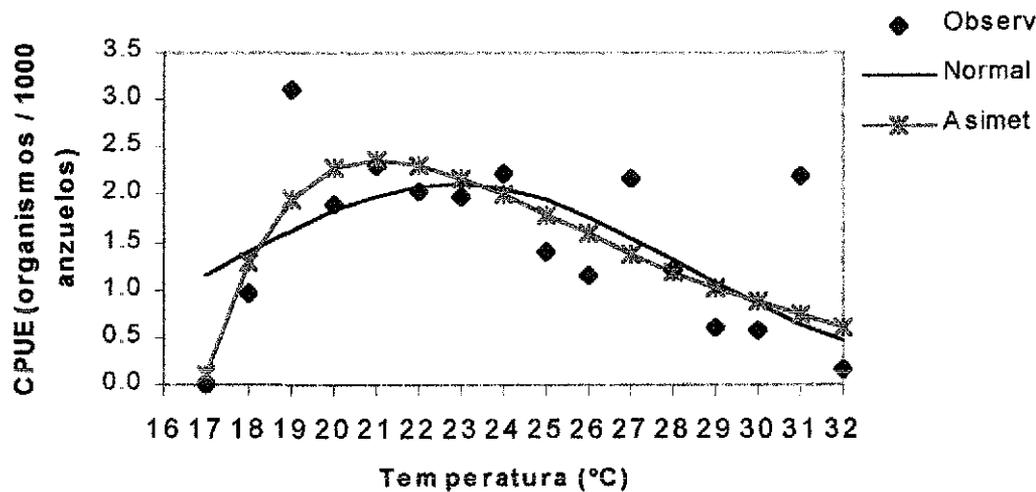
### ***Relación con la temperatura***

Del total del esfuerzo ejercido (6'738,695 anzuelos) en el período 1980 a 1990, reportado por la flota palangrera mexicana a través de bitácoras, el 49% (3'369,173 anzuelos) corresponden al grupo de los barcos TIBURÓN; el 34.48% (2'323,500 anzuelos), al grupo COPEMAPRO y el restante 15.52% (1'046,022 anzuelos), a los grupos ALIANZA y OTROS. Sólo los dos primeros grupos de barcos (TIBURÓN y COPEMAPRO) incluyen en sus bitácoras el valor de la temperatura durante la operación.

Mediante el análisis de varianza, realizado entre los indicadores de abundancia (como variable respuesta) y la temperatura superficial en intervalos de 1°C (como tratamientos) para cada uno de los grupos de embarcaciones, se pudo observar que el mayor valor de la razón de varianza correspondió al grupo TIBURÓN (razón de varianza=95.02,  $p<0.05$ ), mientras que el grupo COPEMAPRO presentó un valor inferior (razón de varianza=6.83;  $p<0.05$ ). Indica ello que la diferencia en las capturas obtenidas por el grupo TIBURÓN para cada una de las temperaturas reportadas era mayor, y la relación entre captura y temperatura se encontraba mejor definida. El análisis de mínimas diferencias significativas estableció que los indicadores de abundancia, para este grupo, fueron significativamente diferentes. Incluso para valores de temperaturas con la mínima diferencia de un grado, por ejemplo, la CPUE obtenida para una temperatura de 28 °C es diferente significativamente de la CPUE obtenida para temperaturas de 27 y 29 °C, situación que no necesariamente sucede con el mismo índice en el grupo COPEMAPRO.

Basándose en los resultados anteriores y considerando los comentarios de algunos tripulantes sobre la práctica de algunos grupos de barcos (como los COPEMAPRO) de no reportar las capturas de especies de bajo valor comercial, como el pez vela, se eligieron los datos de la flota TIBURÓN como los más adecuados para identificar y ajustar los modelos de respuesta al gradiente de temperatura.

Los indicadores de abundancia para el pez espada presentaron una tendencia ascendente a partir de 20°C y un máximo entre los 21°C y 22°C, descendiendo sensiblemente conforme la temperatura superficial aumentó. Para este caso, el comportamiento de la abundancia tuvo mejor ajuste con el modelo no simétrico (Figura 21). De acuerdo al coeficiente de determinación se encontró que la curva normal explica el 97.6 %, mientras que la curva asimétrica explicó el 99.1 %.



**Figura 21. CPUE de pez espada en función de la temperatura superficial del agua.**

Para el caso del marlin rayado, la tendencia fue ascendente a partir de la temperatura de 20°C con una cúspide a 22°C y una tendencia a disminuir suavemente conforme aumentó la temperatura superficial. Estos datos se ajustaron mejor al modelo no simétrico que a la curva normal (Figura 22). La curva normal explicó el 66.0 % y el modelo asimétrico explicó el 92.7 %.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

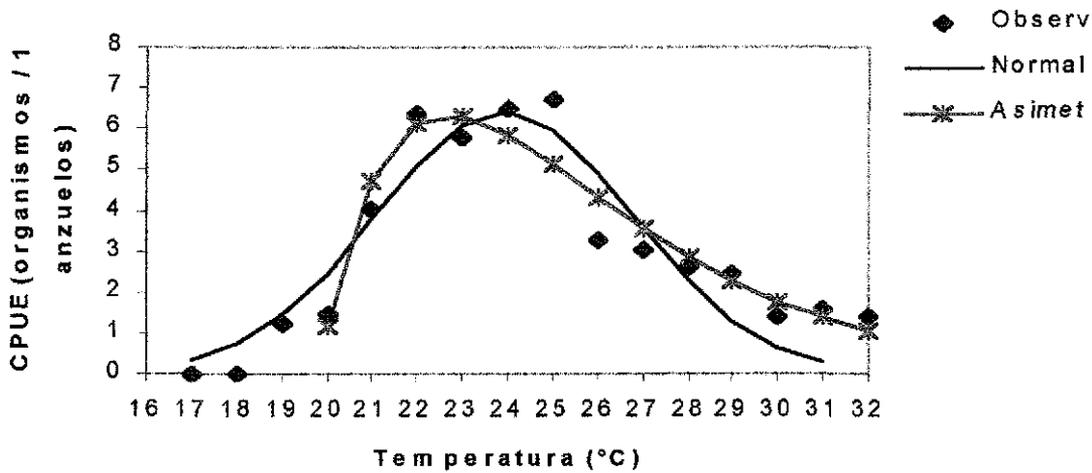


Figura 22. CPUE de marlin rayado en función de la temperatura superficial del agua.

En el caso del pez vela, la abundancia aumentan conforme la temperatura aumenta. La curva normal explico el 93.7% de la variación total observada, mientras que la curva logística explico el 98.9 % (Figura 23).

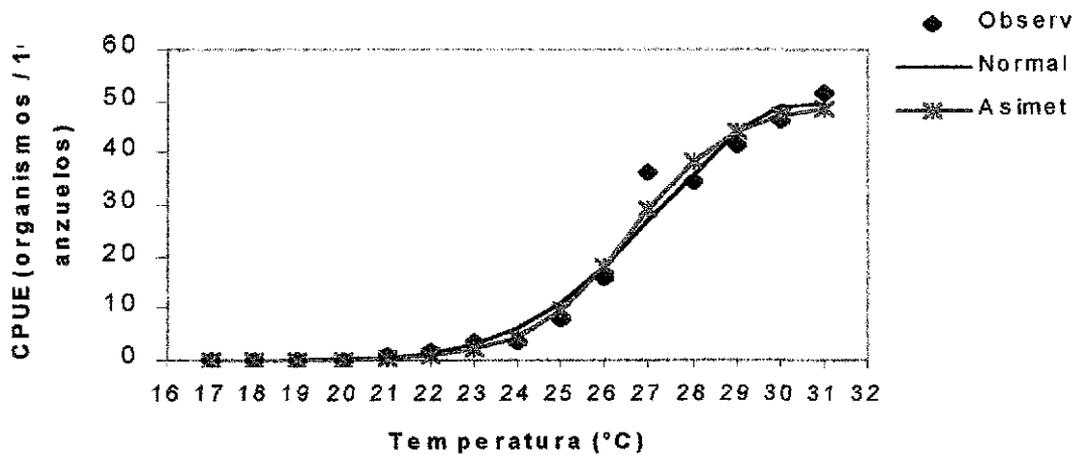


Figura 23. CPUE de pez vela en función de la temperatura superficial del agua.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Zonas de reproducción

La temperatura superficial registró 29.0°C en agosto y septiembre frente a la boca del golfo de California, donde fue capturado el mayor número de organismos juveniles de pez vela. En Cabo Corrientes, la temperatura registrada fue también de 29°C en agosto mientras que en el golfo de Tehuantepec fue 32°C en julio (tabla 9).

**TABLA 9. Datos de colecta de ejemplares juveniles de pez vela (*Istiophorus platypterus*).**

No DE EJEMPLAR	FECHA DE COLECTA	POSICION		TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA °C	HORA DE COLECTA
		LATITUD	LONGITUD		
1	4/JUL/94	15°36' 99"	95°00' 41"	32.0	23:10
2	12/JUL/94	15° 08'	94° 56' 00"	31.0	22:50
3,4,5,6	31/AGO/94	19°53'	106°33'	29.0	24:00
7,8,9,10,11	15/SEP/94	22° 50'	107° 33'	29.0	23:00

La longitud total mínima fue de 79.0 mm y la longitud total máxima de 218.0 mm. Todos los organismos presentaron la apariencia de los organismos adultos: la aleta dorsal o vela y la mandíbula superior o pico bien desarrollados (Fig. 24). Esto coincide con la descripción dada por Voss (1953) para organismos de 70.0 mm de longitud estándar. Los resultados morfométricos de cada ejemplar se presentan en la tabla 10.

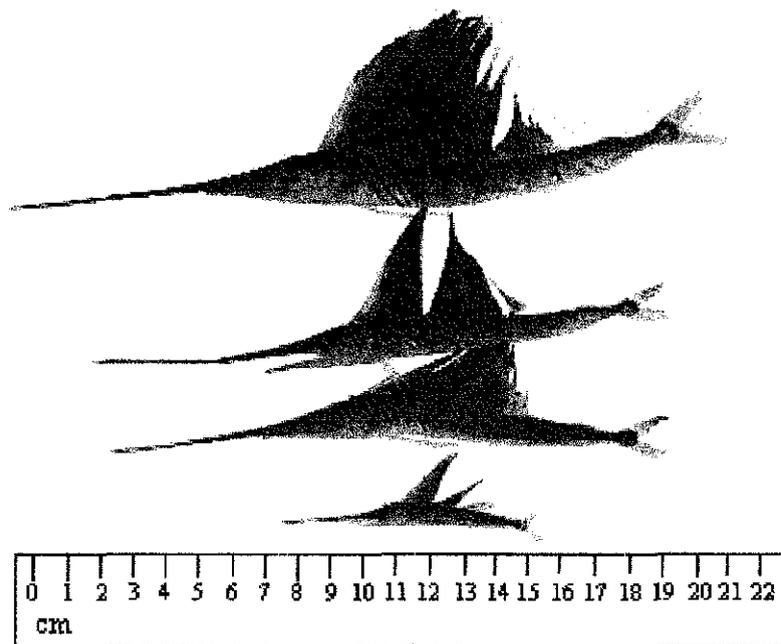


Figura 24. Ejemplares juveniles de pez vela (*Istiophorus platypterus*).

TABLA 10. Tallas y pesos de los organismos juveniles.

FECHA(1994)	4/JUL	12/JUL	31 DE AGOSTO				15 DE SEPTIEMBRE				
No DE EJEMPLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
L. TOTAL (mm)	140.0	175.0	173.0	111.0	136.0	138.0	218.0	79.0	127.0	177.0	157.0
L. FURCAL (mm)	134.0	166.0	166.0	96.0	129.5	131.0	208.0	75.0	121.0	168.0	148.0
L. CUERPO (mm)	93.0	115.5	116.0	69.0	89.5	91.0	151.0	55.0	84.0	116.0	111.0
L. OJOFURCA (mm)	75.0	92.0	96.0	54.5	71.5	74.5	105.0	43.0	66.0	94.5	80.5
L. CEFALICA (mm)	28.0	34.5	33.0	18.0	28.0	28.0	44.0	19.0	26.0	34.0	30.0
L. PICO (mm)	55.0	63.0	65.0	38.0	53.0	52.5	80.0	29.0	49.0	69.0	61.0
DIAM OJO (mm)	5.0	5.5	5.5	4.0	4.5	5.0	7.0	4.0	4.5	5.5	5.5
L. HOCICO (mm)	14.0	17.0	15.5	11.5	13.5	14.0	22.0	9.0	13.0	17.0	15.5
ALI DEL CUERPO (mm)	10.0	11.0	12.0	8.0	10.0	10.0	15.0	7.0	8.5	12.0	10.5
PESO TOTAL (g)	2.91	5.19	4.98	1.03	2.23	2.22	7.94	0.63	1.74	5.23	2.94

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### *Simulación*

Se desarrolló un programa en Q-Basic para describir el efecto de la migración y la pesca sobre el desarrollo poblacional de los organismos. La salida del programa (las figuras 25, 26, 27, 28 y 29 presentan ejemplos de los resultados obtenidos en cada corrida del programa) proporciona la distribución geográfica de los peces durante los meses del año en un mapa mediante puntos (gráfica que se observa en el recuadro de mayor tamaño). La densidad de estos puntos es proporcional a la abundancia poblacional estimada. De la misma forma el programa representa la estructura por edades de la población mediante un histograma que se localiza inscrito en la esquina inferior izquierda del recuadro del mapa. En la parte derecha de la pantalla de salida mencionada, se presentan dos recuadros. En el recuadro superior se presenta el tamaño de la población en número de organismos en función del tiempo. Las unidades del eje de las abscisas de este gráfico son de un año. El recuadro inferior representa la abundancia mensual estimada en tres unidades de áreas (La Paz, B. C. S.; Mazatlán, Sin. y Acapulco, Gro.) localizadas en la costa del Pacífico Mexicano. Las unidades en que se encuentra dividido el eje de abscisas de este gráfico son los doce meses del año, iniciando en enero.

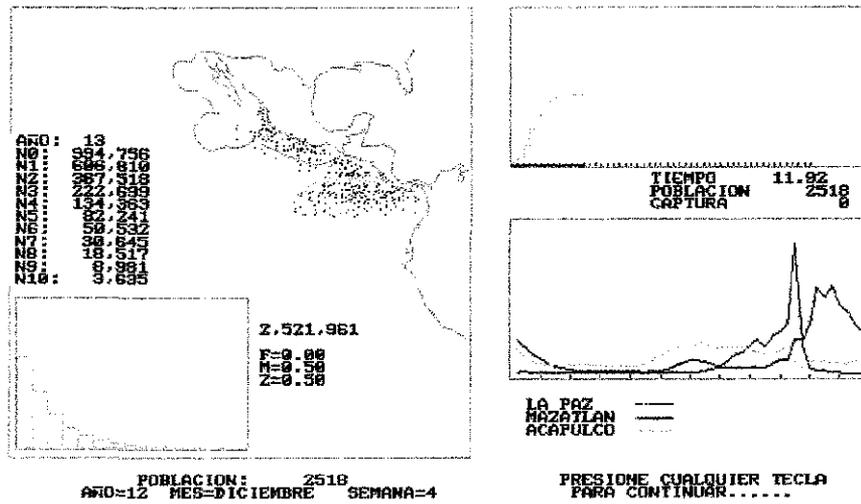


Figura 25. Simulación que corresponde a un escenario sin pesca comercial, la mortalidad total Z es igual a la mortalidad natural M.

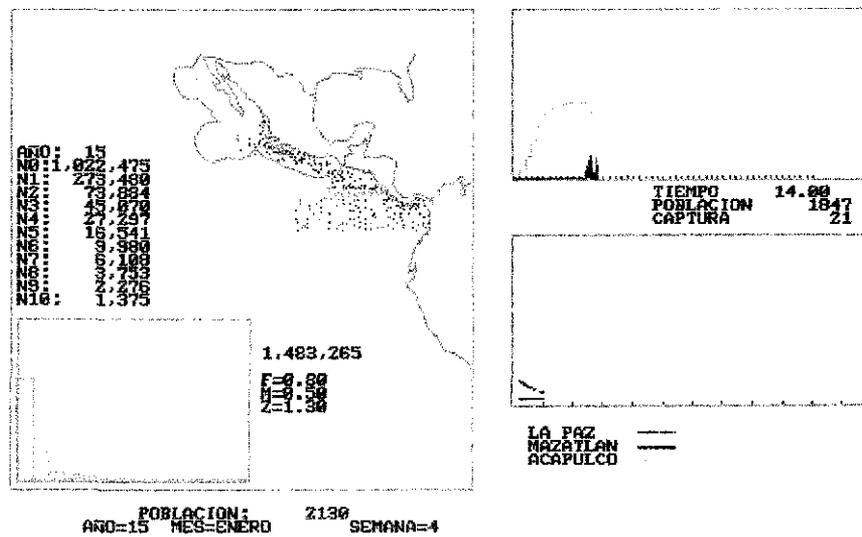


Figura 26. Escenario con la existencia de pesca comercial con una mortalidad total Z=1.30.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

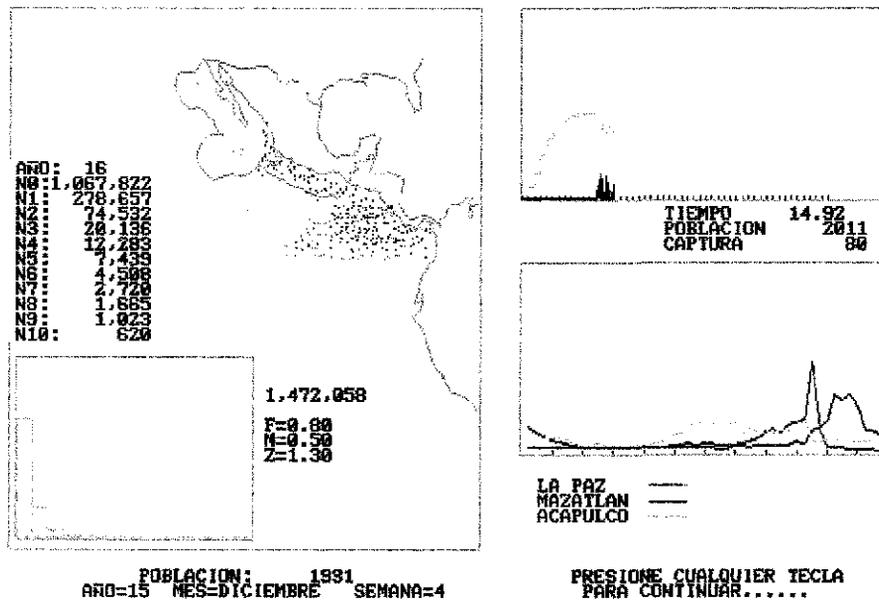


Figura 27. Escenario con pesca comercial, mostrando la distribución del recurso durante el mes de Diciembre.

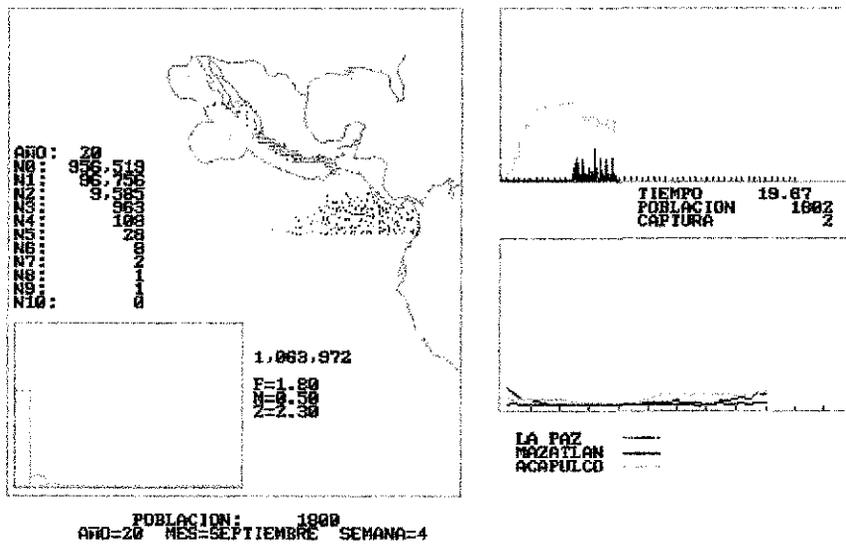


Figura 28. Simulación con pesca comercial (Z=2.30) que muestra la distribución del esfuerzo pesquero durante el mes de Septiembre.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

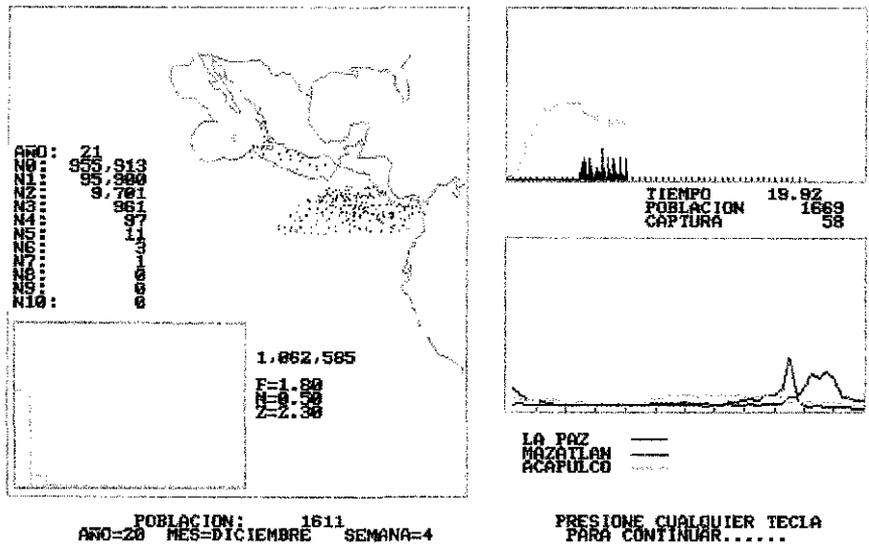


Figura 29. Simulación que corresponde a la aplicación de la pesca durante un periodo de varios años, observándose una declinación sostenida en la abundancia poblacional.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## DISCUSION

### Edad y crecimiento

El resultado del análisis de la relación longitud-peso indica un crecimiento isométrico, lo cual difiere de lo reportado para pez vela por otros autores. Alvarado (1993) reporta un crecimiento alométrico para pez vela al sur del golfo de California para el intervalo de tallas entre 155 y 235 cm de longitud mandibular (longitud medida desde parte distal de la mandíbula inferior hasta la furca en la aleta caudal). Williams (1970) obtiene valores alométricos en organismos de la pesca deportiva de la costa Este de Africa, y Skillman y Yong (1974) reportan que para pez vela entre 177 y 281 cm de longitud furcal en el Pacífico central, que el crecimiento era isométrico para esa y otras especies de pico. Sin embargo, mencionan que datos adicionales podrían mostrar que el coeficiente es menor de 3. La diferencia en el resultado obtenido en este trabajo y el de los autores mencionados parece deberse a que en este caso la relación fue calculada integrando en el análisis los grupos de organismos capturados con la red cuchara (de 7.69 cm de longitud ojo-furca y 0.003 Kg. de peso promedio) y los organismos más pequeños documentados por los observadores a bordo (143.41 cm de longitud ojo-furca y 17.35 Kg. de peso promedio), organismos que complementan el espectro de longitudes alcanzadas por esta especie en la región.

Como se mencionó anteriormente, para el estudio de crecimiento individual se incluyeron los organismos de todos los sitios de muestreo, tomando en cuenta que en el Pacífico oriental se considera la existencia de un solo stock de pez vela (Skillman, 1989). Los resultados obtenidos en relación al grupo de edad dominante coinciden aproximadamente con los reportados por Alvarado (1993), quien estimó 8 grupos de edad para pez vela al sur del golfo de California con predominancia del grupo de edad 4, pero difieren sustancialmente en cuanto al valor de la constante de crecimiento  $k$  estimada, resultando mayor la obtenida en este trabajo posiblemente debido al método de ajuste de la curva. Alvarado (1993), a pesar de que menciona haber utilizado un método iterativo, presenta una grafica donde los valores observados se encuentran muy por encima de los predichos por la curva. La importancia de una estimación más

aproximada del valor de esta constante de crecimiento radica en que es una componente que define en gran medida la capacidad de incremento en biomasa de la población en estudio, y los métodos analíticos de evaluación de stocks que incorporan esta variable son sensibles a variaciones en el valor de  $k$ .

Prince *et al.* (1986) cuestionan la utilización de la cuarta espina para estudios de edad, en particular para los organismos más viejos, argumentando que para el pez vela del Atlántico el porcentaje de hueso sólido en esta estructura es de sólo 19%. Sin embargo, de acuerdo a ese mismo criterio de medición y las longitudes de la zona vascularizada, en nuestro estudio el porcentaje de hueso sólido fue de 49% en promedio. Este porcentaje de hueso sólido corresponde a la región periférica donde se ubican las líneas de crecimiento y, conforme crece el organismo, la zona vascularizada solo alcanza a cubrir una y ocasionalmente dos de las primeras marcas de crecimiento. Una fuente de incertidumbre en la determinación de la edad, es el hecho de que, a pesar de que el número de líneas de crecimiento se incrementa con la longitud y el peso de los organismos, existe una amplia variación que se hace más evidente con relación al peso de los organismos. Este efecto parece estar asociado al hecho de que para los primeros uno o dos años, el organismo alcanza aproximadamente el 92% de la longitud infinita, de manera que después de esta edad, por decirlo así, en los últimos 8 o 9 años de vida, el pez vela crece solo el 8% de su longitud.

Se estima que para el primer año el organismo alcanza aproximadamente el 90% de la longitud infinita, para el segundo año llega al 92% y al tercero al 93.5%. Posteriormente el crecimiento disminuye substancialmente. Se estimó la longitud infinita para el pez vela del Atlántico, mediante el mismo método de ajuste y utilizando la información relativa a edades y longitudes reportadas en bibliografía. El resultado muestra una longitud infinita menor que la calculada para el pez vela del Pacífico mexicano; no obstante, el valor de la tasa de crecimiento y la curva de crecimiento en longitud muestran que estos organismos, al igual que los del

Pacífico, alcanzan la longitud cercana a su longitud infinita en los primeros tres años de vida, esta similitud parece validar los estimados para el pez vela del Pacífico.

### **Mortalidad**

La importancia de las estimaciones en la tasa de mortalidad radica en gran parte en su utilización en los modelos de simulación y predicción de los recursos y también en que el componente de mortalidad por pesca ( $Z=F+M$ ) es susceptible de ser manipulado mediante medidas de manejo relativas a la magnitud del esfuerzo pesquero determinándose así tasas de explotación de la población.

### **Fecundidad**

Las estimaciones de fecundidad obtenidas en este estudio son coincidentes con lo reportado por Merret (1971). Las diferencias con respecto a otros autores como Jolley (1973), Voss (1953) y Ovchinnikov (Citado por Beardsley, 1975) parecen radicar en que en el presente estudio se utilizaron solamente gónadas maduras mayores de 3.0 Kg. y se contabilizaron solamente ovocitos maduros, mientras que los mencionados autores realizaron su análisis con gónadas de menor tamaño y aparentemente en un estadio menor de madurez. Las altas tasas de fecundidad estimadas, junto con el rápido crecimiento de esta especie apuntan hacia un recurso con gran potencial pesquero. Dado que tanto la fecundidad como el crecimiento son parámetros biológicos que definen el incremento en la tasa de crecimiento de una población en explotación, de acuerdo con lo propuesto por Russell en el año de 1931, como ya se mencionó en el apartado de antecedentes.

### **Biomasa original**

Como se puede apreciar en las gráficas de los modelos de evaluación utilizados (figura 18), de acuerdo a los datos observados la primer etapa de la pesquería comercial (1956 a 1960) presenta valores de CPUE que reflejan el proceso de búsqueda o prospección de una nueva área de pesca, esto es, bajos valores del índice CPUE y una gran variabilidad asociada. Los siguientes años (1960 a 1968) se identifica como la etapa del desarrollo de esta pesquería, etapa

en la que se obtienen los máximos éxitos de pesca por unidad de esfuerzo. Éxito debido al proceso de pesca sobre un stock en estado virgen. Sin embargo también existe considerable variabilidad en los valores de la CPUE. De 1968 a 1980, se aprecia una disminución sostenida en el índice CPUE y poca variabilidad en sus valores. Es necesario no perder de vista que después de 1976 a la flota palangrera internacional no se le permitió continuar operando en la región que hoy es la ZEEM, y que en esa época esta flota realizó también la conversión del palangre a palangre profundo, de manera que el esfuerzo entre 1976 y 1980 puede no representar fielmente la abundancia de la especie por las razones mencionadas. Sin embargo, a partir de 1980, México impulsó la operación de una flota que operó de manera discontinua, hasta 1990, debido a presiones por parte del sector asociado a la pesca deportiva. En este período se observa un incremento en los valores de la captura por unidad de esfuerzo, así como una gran variabilidad en su magnitud, esto último debido posiblemente a la forma discontinua de operación mencionada. A partir de 1990 hasta 1996, se otorgaron muy pocos permisos para pesca de tiburón con palangre, solo uno o dos barcos operaron incidiendo sobre el pez vela. En la región del Norte del Pacífico mexicano se han otorgado permisos para la pesca de pez espada con palangre, sin embargo esa flota no captura pez vela debido a que las condiciones oceanográficas de esa región no son propicias para la presencia de esta especie.

De acuerdo a los modelos ajustados, aunados a los antecedentes de la pesquería mencionados anteriormente, el valor estimado para la biomasa original es solo ligeramente mayor que el valor estimado para la biomasa al final del período analizado, lo que sugiere que el recurso se encuentra en un nivel cercano al nivel de stock virgen. También, es interesante observar que los modelos indican una disminución sustancial en la biomasa explotable asociada al incremento en el nivel de explotación ejercido por la flota palangrera internacional, lo que indica que esos niveles de esfuerzo sobre-explotan el recurso. Durante el período que operó la flota palangrera mexicana (después de 1976), se aprecia una recuperación tanto de la biomasa total como de la explotable.

El valor de la biomasa original estimado implica un rendimiento máximo sostenible de un poco más de 8,300 ton anuales. Dicho valor es superior al máximo reportado por la flota palangrera con bandera mexicana que operó de 1980 a 1990 y que en 1989 alcanzó la cantidad de 444.8 ton, pero inferior al máximo reportado (12,870 ton) por la flota palangrera internacional en el año de 1965. Todo lo anterior apunta a que el valor del esfuerzo óptimo para un rendimiento máximo sostenible debe encontrarse ubicado entre estos dos niveles de esfuerzo ejercidos en las que podrían definirse como etapas de la pesquería.

### **Relación con la temperatura**

La temperatura superficial del mar es utilizada como un indicador de la abundancia de las especies pelágicas como picudos y atunes. Sin embargo, el mecanismo que provoca esta relación no es claro; se sabe que estos organismos habitan entre la superficie y profundidades superiores a los 300 m (Carey, 1990; Holts & Belford, 1990). No obstante lo anterior, el análisis realizado sobre la relación de los indicadores de abundancia y la temperatura superficial, indican una estrecha relación entre estos factores.

La distribución temporal de las isotermas más cálidas (31°C) en la ZEEM, de acuerdo con Nakamura (1985), determinan los movimientos latitudinales de pez vela hacia áreas en las que el marlin y el pez espada no se desplazan. Para el caso de las áreas de más altos índices de captura de pez espada y marlin, ocurre el caso inverso, en el que las capturas de pez vela disminuyen sensiblemente.

Los resultados de los estudios realizados por Holts & Bedford (1990), Carey (1990) y Block (1990), indican que estos los peces de pico realizan movimientos verticales durante el día y la noche entre la superficie y hasta 600 metros de profundidad, ello podría explicar el mecanismo por el cual la temperatura superficial, influye en la distribución geográfica de las especies que ocurren en aguas sub-superficiales.

En el presente trabajo, para pez vela, marlin y pez espada, la relación de los indicadores de abundancia y la temperatura superficial, aún cuando tuvieron un comportamiento unimodal, se ajustaron mejor a curvas no simétricas.

### **Zonas de reproducción**

Los valores de temperatura registrados en las supuestas zonas de reproducción y los detectados por Guzmán-Arroyo y López-Ramos (1986) frente a las costas de Michoacán (30.1 y 30.3°C) son superiores a los mencionados por Kume y Joseph (1969), quienes encontraron que los movimientos del pez vela en las costas de México aparentemente coinciden con los movimientos estacionales de la isoterma de los 28°C.

Considerando que los sitios de colecta de los organismos juveniles se localizan desde la boca del golfo de California hasta el golfo de Tehuantepec, y que Guzmán-Arroyo y López-Ramos (1986), encuentran juveniles de esta misma especie frente a las costas de Michoacán, Mexico, se puede suponer que el área o áreas de reproducción deben ubicarse cerca de estos puntos. Gehringer, (1957) y De Sylva (1957), mencionan que los peces juveniles de longitudes similares tendrían un mes o menos de edad.

La región citada anteriormente corresponde a una zona de gran abundancia de pez vela en el Pacífico oriental, diferentes autores como Shingu *et al.* (1974), encontraron que de 1967 a 1970 el área de mayor concentración de pez vela fue desde la costa central de México hasta Colombia; asimismo, Miyabe y Bayliff (1987) mencionan que los índices de captura de pez vela fueron más elevados durante todo el año desde el golfo de California hasta Panamá.

### **Simulación**

Con base en el modelo construido para simular el comportamiento de la pesquería, se puede observar primeramente que la especie, de acuerdo a los parámetros de fecundidad y crecimiento estimados e introducidos en el modelo, presenta una capacidad de crecimiento poblacional que le permite en aproximadamente 10 años recuperar niveles de stock cercanos a stock virgen. El

experimento inicia con una población inferior a la equivalente a la biomasa mínima estimada en la evaluación, ubicada en las áreas de mayor abundancia y al cabo de 12 años se encuentra a niveles cercanos al nivel asintótico. Cuando se deja correr el programa hasta este nivel y se simula el inicio de la actividad pesquera, las regiones tanto de abundancia del recurso como de distribución del esfuerzo pesquero coinciden con las reportadas por la flota palangrera mexicana según Macías (1994). Es necesario enfatizar que la abundancia simulada se presenta en número absoluto de organismos y biomasa, sin embargo, las abundancias observadas se obtienen en captura por unidad de esfuerzo como indicador, lo que hace difícil la comparación cuantitativa de estas cantidades.

Como se puede apreciar en los diferentes escenarios presentados, los valores correspondientes a la abundancia simulada para los puertos de La Paz, Mazatlán y Acapulco es notablemente inferior cuando se supone existencia de pesca comercial. Esto puede ser explicado por el hecho de que la actividad comercial cuando se desarrolla en forma muy costera, provoca una disminución de la población total de aproximadamente el 35% (figuras 27 y 29). Sin embargo, este decremento es más notorio si se calcula en relación a la biomasa vulnerable. En la figura 25, se presenta el escenario donde no existe pesca comercial y podemos observar que la distribución del recurso coincide con lo reportado por diversos autores. La estructura por edades de la población incluye 10 grupos de edad representados y la mortalidad total es igual a la mortalidad natural (estimada en 0.42 mediante el modelo estructural). En las figuras 26, 27, 28 y 29 se presentan escenarios en los cuales existe esfuerzo pesquero sostenido. Se observa una disminución en los niveles de abundancia disponibles cerca de la costa. También se observa una disminución en los grupos de edad presentes en la población y una disminución en la abundancia poblacional.

Resumiendo: el pez vela en el Pacífico Mexicano es una especie de rápido crecimiento, con una gran fecundidad que se incorpora a la reproducción durante el primer o segundo año de vida, se recluta a la pesquería durante su segundo o tercer año de edad, el grupo de edad cuatro es el grupo más abundante en las capturas, actualmente los indicadores apuntan hacia un recurso recuperado después de un período de intensa explotación capaz de soportar un esfuerzo pesquero

mayor al reportado por la flota palangrera nacional en la década de los ochentas pero inferior al esfuerzo creciente reportado por la flota palangrera internacional en el período 1960-1987.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye para el caso particular del pez vela (*Istiophorus platypterus*) que la densidad de óvulos maduros es similar en los dos ovarios y es independiente de la posición de toma de muestra, así mismo, al no encontrar diferencia significativa en los diferentes tamaños de muestra utilizados es factible obtener estimaciones confiables de la fecundidad utilizando el tamaño de muestra mínimo que en el presente trabajo fue de 0.125
- Se recomienda que en los conteos de óvulos maduros exista la mayor uniformidad posible entre los diferentes lectores unificando los criterios en relación al punto de maduración de los óvulos al realizar los conteos. El promedio de fecundidad de una hembra madura de pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano es de 15.5 millones de ovocitos maduros.
- El crecimiento parece ser isométrico si se incluyen los grupos de organismos no completamente reclutados a la pesquería.
- La muestra de población de pez vela estudiada presenta 10 grupos de edad, de los cuales el de mayor frecuencia es el grupo de edad 4.
- El crecimiento del pez vela en el Pacífico Mexicano, es acelerado en los primeros años de vida y alcanza longitudes de casi el 94% de su longitud infinita a los 3 años de vida.
- La tasa de mortalidad total actual se estimó como  $Z=1.08$ .

- Presenta una extensa área de reproducción que incluye, al menos, el Pacífico Mexicano Centro y Sur.
- A partir del análisis del esfuerzo pesquero aplicado por la totalidad de la flota palangrera; las gráficas que representan los indicadores del éxito de pesca en función de las temperaturas superficiales y los resultados del ANDEVA y MDS de los grupos COPEMAPRO y TIBURON, se concluye que éste último es el más representativo en cuanto a capturas y áreas de operación.
- Los resultados indican que para las especies de pico, la relación entre la abundancia y la temperatura superficial, coincide con la relación unimodal concebida por Gauch y Whittaker, 1972. Sin embargo, no presenta el comportamiento simétrico de la curva normal. Particularidad que puede utilizarse en la estimación probabilística de pronósticos de captura en función de la temperatura superficial.
- Los resultados presentados y los antecedentes coinciden en sugerir un recurso sub-utilizado con una alta fecundidad que provoca reclutamientos prácticamente constantes para un amplio espectro de valores del stock parental.
- De acuerdo a los resultados del programa de simulación, se aprecia que la presencia de niveles de pesca comercial superiores a los ejercidos por la flota comercial mexicana dentro de la franja de las 50 millas pueden afectar sensiblemente la abundancia del recurso, provocando la disminución de los índices de éxito de pesca de la flota deportiva.
- El potencial estimado del recurso sugiere que podría incrementarse su captura hasta un máximo de 8,300 toneladas anuales, valor superior al máximo reportado por la flota palangrera mexicana durante la década de los 80's. Con criterio precautorio podría ensayarse

un manejo adaptativo que permitiera realizar incrementos escalonados en las capturas y monitorear los indicadores del desempeño de la pesquería tanto en la pesca comercial como la deportiva.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, C. R. 1993. Edad y crecimiento de *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) (Pisces: Istiophoridae) al Sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR, IPN. La Paz, B.C.S. México. 57p.
- Anónimo, 1987. Informe final del análisis de la pesquería Comité Técnico Consultivo de la Pesquería de Picudos y Especies Afines. INP SEPESCA. México. (Documento Interno) 103 p.
- Anónimo 1995. Programa de Pesca y Acuicultura 95-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Bagenal, T.B., and E. Braun. 1968. Eggs and early Life history. In W.E. Ricker (ed.) Methods for assessment of fish production in fresh waters, pp. 159-181. Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- Beardsley, G.L. Jr., N.R. Merret and W.J. Richards. 1975. Synopsis of the biology of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw and Nodder, 1791). NOAA Tech. Rep. NMFS. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972 Part 1. Report of the Symposium. Richard S. S. and Francis W. Ed. 95-120.
- Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C.R. 1995. Ecología, Individuos, Poblaciones y Comunidades. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 886 p.
- Block, B. A. 1990. Physiology and ecology of brain and eye heaters in billfishes. In Planning the future of billfishes. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii. August 1-5, 1988 Part 2. Contributed Papers. pp. 123-136.
- Caddy, J. F., 1975. Spatial model for an exploited shellfish population, and its application to the
- Carey, F. G. 1981. A brain heater in the swordfish. Science. 216: 1327-1329.
- Carey, F. G., 1990. Further Acoustic Telemetry Observations of Swordfish. In Planning the future of billfishes. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii. August 1-5, 1988 Part 2. Contributed Papers. pp. 31-45.
- Csirke, J. 1980. Introducción a la Dinámica de Poblaciones. FAO, Doc. Tec. Pesca (192): 82 p.
- Daniel W.W. 1991. Bioestadística 3a. Ed. Limusa. México. 667 p.

- Deriso, R.B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 37 pp. 268-282.
- Ehrhardt, M.N. 1990. The potential of using allometric growth characters for resolving routine size and age estimations of billfishes. *In: Planning The Future of Billfishes.* Stoud R.H. (ed.) pp. 277-285.
- Eldridge, M.B. and P.G. Wares. 1974. Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. *In: Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers.* R.S. Shomura and F. Williams (Ed). pp 89-101.
- Gauch, H.G. and R.H. Whittaker. 1972. Coenocline simulation. *Ecology* 53: 446-451.
- Gauch, H.G., 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology.* Cambridge University Press, 298 p.
- Gehringer, J.W. 1957. Observations on the development of the Atlantic sailfish *Istiophorus americanus* (Cuvier) with notes on an unidentified species of istiophorid. *U.S. Fish Wild. Serv., Fish. Bull.* 57: 139-171.
- Gehringer, J.W. 1970. Young of the Atlantic Sailfish, *Istiophorus platypterus* U.S. Fish Wild Serv. *Fish Bull.* 68 (2): 177-190.
- Gulland, J. A., 1977: *The Analysis of Data and Development of Models.* *in Fish Population Dynamics.* John Wiley and Sons. New York. pp 372.
- Guzmán-Arroyo, M. y J. López-Ramos. 1986. Descripción y registros de juveniles de pez vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw y Nodder, 1791), (Pisces, Istiophoridae), en las costas del Estado de Michoacán, Pacífico Sur de México. *Ciencias Marinas (Méx.)* V 12 (2) 53-67.
- Hedgepet, M.Y., and J.W. Jolley. 1983. Age and Growth of Sailfish, *Istiophorus platypterus*, Using Cross Sections from the Fourth Dorsal Fin Spine. In E.D. Price and L.M. Pulos (editors). *Proceeding of the International Workshop on age determination of Oceanic Pelagic fishes: Tunas, Billfishes and sharks, U.S. Dep. Commer. NOAA Tech Rep. NMFS-8* p.131-136.
- Hilborn, R., C. J. Walters, 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment; Choice Dynamics and Uncertainty.* Chapman and Hall John Wiley and Sons. New York pp. 67-92
- Holts, D. and D. Bedford, 1990. Activity Patterns of striped marlin in the Southern California Bight. *in planning the future of billfishes Part 2. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii. Contribute Papers 1-5 August 1988* pp. 81-93.

- Howard, J.K. and Ueyanagi, S. 1965. Distribution and relative abundance of billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean Stud. Trop. Oceanogr. 2: 1-134.
- Jolley, J.W. 1973. the Biology and Fisheries of Atlantic Sailfish (*Istiophorus platypterus*), from Southeast Florida Marine Research Publications No. 28 Florida Dep. of Natural Resources Marine Research Laboratory 31pp.
- Jolley, J.W. Jr. 1974. On the Biology of Florida East Cost Atlantic Sailfish, (*Istiophorus platypterus*) In: Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972 Part 2, Review and contributed papers. R.S. Shomura and F. Williams Ed. pp.81-88.
- Jongman, R.H., C.J.F. Ter Braak y O.F.R. Van Togerem. 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen, xvii + 299.
- Kume, S. and J. Joseph. 1969. Size, Composition and Sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean East of 130° W. Bull. Far Seas Res. Lab. (Shimizu) 2: 115-162.
- Kume, S. and J. Joseph. 1969. La pesca Japonesa con palangre de atunes y peces espada en el Océano Pacífico Oriental y al Este de los 130°W 1964-1966. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 13(2): 376-404.
- Lauri, R.M., and R.N. Nishimoto. 1970. Five juvenile sailfish, *Istiophorus platypterus*, from the Eastern Tropical Pacific. Copeia 3:590-594
- Macías, Z. R., 1993. Relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría. IPN, CICIMAR. La Paz, B. C. S. 72 p.
- Macías, Z.R., N.A. Venegas, A.L. Vidaurri. 1993. La pesca deportiva del pez vela (*Istiophorus platypterus*) y su relación con la pesca comercial Inv. Mar. CICIMAR (Mex) 8(2): 87-93.
- Macías, Z.R., A.L. Vidaurri y H. Santana. 1994. Análisis de la Tendencia de la Captura por Unidad de Esfuerzo en la pesquería del pez vela en el Pacífico Mexicano. Ciencias Marinas (Mex). 20(3): 394-408.
- Merret, N.R. 1971 Aspects of the biology of billfish (*Istiophorus*) from the equatorial western Indian Ocean. Journal of Zoology. Vol:163, Part 3.351-395.

- Miyabe, N. y W. H. Bayliff. 1987. Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y peces espada en el Océano Pacífico Oriental, 1971-1980. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 16 (1): 123-163.
- Nakamura, I. 1985. FAO Species Catalogue. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop., (125) 5: 65 p.
- Nishikawa Y. and D. W. Rimmer. 1987. Identification of larval Tunas, Billfishes and other Scombroid Fishes (Suborder Scombroidei): an illustrated Guide. CSIRO Marine Lab. Report No. 186.
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. 3<sup>rd</sup>. Edition. Saunders. Philadelphia Odum, 1971
- Pielou, E.C. 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. John Wiley and Sons, New York, 263 p.
- Prince, E. D and D.W. Lee. 1984. Research on Age and Growth. In Oceanic Pelagics Program Summary 1983. NOAA-NMFS. Southeast Fisheries Center, Miami Laboratory. 75 Virginia Beach Drive. Miami, Fl 33149 pp. 45-67.
- Prince, E. D., D.W. Lee, C. A. Wilson and J.M. Dean. 1986. Longevity and age validation of a tag-recaptured Atlantic Sailfish, *Istiophorus platypterus*, using dorsal spines and otoliths. Fish Bull. U.S. 84:493-502.
- Quezada, H. S. 1991. La pesca deportivo-recreativa como atractivo turístico. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. Secretaría de Pesca. México.
- Richards, W.J. 1989. Preliminary Guide to the Identification of the Early Life History Stages of Scombroid Fishes of the Western Central Atlantic. NOAA Tech Mem. NMFS-SEFC-240. 100 p.
- Shingu, C., P. K. Tomlinson y C. L. Peterson 1974. Un examen de la pesca palangrera Japonesa de atunes y peces espada en el Océano Pacífico Oriental, 1969-1970. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 16 (2): 97-230.
- Skillman A.R 1989. Status of Pacific Billfish Stocks. In Planning the future of Billfishes. Part 1. National Coalition for Marine Conservation, Inc. Savannah, Georgia. pp.179-195.
- Skillman, A.R. and M.Y.Y. Young. 1974. Length-Weight Relationships for Six Species of Billfishes in the Central pacific Ocean. In: Proceeding of the International billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972, Part 2, Review and contributed

papers, p 126-137. R.S. Shomura and F. Williams (Ed.). U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-8.

Sosa-Nishizaki, O. 1998. Revisión histórica del manejo de los picudos en el Pacífico Mexicano. *Ciencias Marinas*. 24(1): 95-111.

Sparre P. y S. C. Venema 1995 Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca 306/1 Roma, Italia. 420 p.

Squire, J.L. and Au, D.W.K. 1990. Striped marlin in the North Pacific: A case for local depletion and core area management. In: Planning the future of billfishes. Proc. Sec. Int. Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, Part 2. R.H. Stroud (ed) 1-5 August, 1988. Contr. Papers. 199-214 p.

Squire and Muhlia 1993 A Review of Striped Marlin (*Tetrapturus audax*), Swordfish (*Xiphias gladius*), and sailfish (*Istiophorus platypterus*) Fisheries and Resource Management by Mexico and The United States In The Northeast Pacific Ocean. National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Science Center. Administrative Report LJ-93-06.

Ter Braak, C.J.F. and I.C. Prentice. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271-317.

Uchiyama J.H., and R. Shomura. 1974. Maturation and fecundity of Swordfish, *Xiphias gladius*, from Hawaiian Waters. In R.S. Shomura and F. Williams (ed.) Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Review and contributed papers. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF 675, Part 2:142-148.

Voss, G. L. 1953. A contribution to the life history and biology of the sailfish, *Istiophorus americanus* Cuv. and Val., in Florida waters. *Bull. Mar. Sci. Gulf Carib.* 3:206-240.

Yatomi, H. 1990. A potential Problem in Estimating the Ages of Striped Marlin Using Dorsal Fin Spines. In: In Planning the future of Billfishes. Stroud R.H. (ed.). Proceedings of the second International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5. Part 2. p.317-321.