

Patrón reproductivo del pez vela
(Istiophorus platypterus; Shaw y Nodder, 1791)
al Sur del Golfo de California

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER

EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

AGUSTIN HERNANDEZ HERRERA

La Paz, B.C.S.

Febrero, 1994.

CONTENIDO.

GLOSARIO	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES.	3
JUSTIFICACION	8
OBJETIVO	9
OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
MATERIAL Y METODOS	10
a) Procedimiento en campo	10
b) Procedimiento de laboratorio.	11
c) Proporción de sexos, tallas y pesos.	11
d) Índice gonádico.	12
e) Escala de madurez	12
f) Temporada de reproducción.	13
g) Fecundidad parcial	13
RESULTADOS.	16
a) Proporción de sexos, tallas y pesos	16
b) Índice gonádico.	22
c) Escala de madurez	24
d) Temporada de reproducción	29
e) Fecundidad parcial	32
ANALISIS.	37
CONCLUSIONES.	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFIA CITADA.	45
ANEXO 1.	53

GLOSARIO.

Patrón reproductivo. En esta tesis se entiende como los eventos relacionados con el ciclo reproductivo del pez vela.

Temporada de reproducción. Período de tiempo en el cual las hembras y machos están activos a la reproducción.

Ovocito intraovárico. Aquel que se encuentra dentro de la gónada, independientemente de su grado de desarrollo.

Fecundidad parcial. Número de huevos expulsados de la **gónada** en un desove.

Fecundidad total. Número de huevos desovados en una temporada. En este estudio, fue el resultado de multiplicar la fecundidad parcial por el número de modas presente en la distribución de ovocitos intraováricos.

Fecundidad absoluta. Número total de ovocitos presentes en una gónada, independientemente de su grado de desarrollo.

INDICE DE FIGURAS.

Figura I.- División de la ZEEM, de acuerdo a la reglamentación establecida para peces de pico.	2
Figura 2.- Zona de estudio	10
Figura 3.- Esquema del pez vela (<i>Istiophorus platypterus</i>)	11
Figura 4.- Proporción de sexos.	17
Figura 5.- Variación estacional en la proporción de hembras (1991)	18
Figura 6.- Distribución de tallas durante: a) 1969, b) 1990 y c) 1991.	20
Figura 7.- Distribución de pesos durante: a) 1969, b) 1990 y c) 1991.	21
Figura 8.- Variación anual del índice gonádico calculado por sexo.....	23
Figura 9.- Variación estacional del índice gonádico por zonas durante 1991 para el pez vela.	24
Figura 10.- Estadio de madurez I para el pez vela (Inmaduro).....	26
Figura II .- Estadio de madurez II para el pez vela (Vitelogénesis)	26
Figura 12.- Estadio de madurez III para el pez vela (Hidratado).	26
Figura 13.- Estadio de madurez IV para el pez vela (Desovado).	27
Figura 14.- Estadio de madurez V para el pez vela (Reabsorción)	27
Figura 15.- Estadio de madurez V para el pez vela (Reabsorción)	27
Figura 16.- Distribución de los diámetros intraováricos, separados por estadios de madurez.....	28
Figura 17.- Variación estacional por año de los estadios de madurez.	30

Figura 18.- Variación estacional por zona de los estadios de madurez.	31
Figura 19.- Ajuste logístico a la proporción acumulada de hembras maduras. a) determinadas histológicamente y b) determinadas de un índice gonádico > 3.	32
Figura 20.- Cálculo de la muestra mínima por el conteo de ovocitos, para la estimación de la fecundidad parcial.	32
Figura 21.- Ajuste lineal al diagrama de dispersión entre el peso total de las hembras y los valores de fecundidad observada.	35
Figura 22.- Comparación de la distribución de ovocitos intraováricos entre: a) hembra madura y b) hembra hidratada.	35
Figura 23.- Diagrama de dispersión de la fecundidad parcial calculada de acuerdo a su edad estimada, para hembras de 1991.	36

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1.- Material biológico colectado y proporción de sexos observada para pez vela (<i>Istiophorus platypterus</i>)	16
Tabla 2.- Datos generales de tallas y pesos de pez vela.	19
Tabla 3.- Densidad y diámetro de los ovocitos intraováricos por estadio del pez vela	28
Tabla 4.- Valores estimados de la talla de reclutamiento a la reproducción del pez vela.	29
Tabla 5.- Valores observados de fecundidad parcial del pez vela	33
Tabla 6.- Estimación de fecundidad parcial para hembras de pez vela (1991)	34

RESUMEN.

El pez vela es un recurso abundante para el que la zona al Sur del Golfo de California representa el límite Norte de su distribución en el Pacífico Oriental. En esta zona, la infraestructura del sector turístico asociado a la pesca deportiva de peces de pico es muy importante y la preocupación por la conservación del recurso es grande. Sin embargo, son pocos los estudios sobre las especies que dan base a la instrumentación de medidas administrativas para lograr su explotación racional.

Considerando lo anterior, el presente trabajo plantea como objetivo describir el patrón reproductivo del pez vela, determinando zonas y temporadas de reproducción, tamaño de los individuos reproductores y fecundidad parcial.

El estudio se basa en el análisis histológico de muestras de gónadas y datos de talla, peso y sexo de cada uno de los 879 individuos recolectados, durante 1989 a 1991, en muestreos de la captura de la flota deportiva que opera en las zonas de: 1) Cabo **San** Lucas y La Paz, 2) Mazatlán, y 3) Puerto Vallarta, Barra de Navidad y Manzanillo.

Para determinar el grado de madurez de las hembras, se utilizó como **índice** gonádico la proporción entre el peso de la **gónada** con respecto al peso total del individuo. Además, a través del análisis histológico, se definió una escala de 5 estadios de madurez gonádica. La distribución del número de ovocitos intraováricos en gónadas hidratadas mostró hasta 4 grupos, identificando al pez vela como desovador parcial. De la relación entre el número de ovocitos con el peso del individuo, se estimó que la fecundidad parcial promedio está alrededor de $1'670,000 \pm 270,000$ huevos por desove.

Del análisis de la proporción acumulada de hembras maduras se determinó que la talla a la que el 50% de las hembras están maduras fue de 175 cm de longitud ojo-fuma. La proporción entre machos y hembras presentó una variación estacional y espacial que permite suponer la existencia de una migración diferencial por sexos. En la zona 1 predominaron hembras jóvenes durante todo el año; en la 2, la proporción fue de **1:1**, aunque en verano se observó un sesgo hacia los machos; en la zona 3, la proporción de sexos fue

variable a lo largo del año, observándose en primavera la predominancia de hembras y en otoño la de machos.

En general, de acuerdo a la frecuencia de aparición de hembras maduras (**índices** gonádicos mayores a 3 y gónadas hidratadas y desovadas), la intensidad y la duración de la temporada de reproducción presenta un gradiente Sur a Norte, siendo la zona Sur (Manzanillo, Barra de Navidad, Puerto **Vallarta** y Mazatlán) la de mayor actividad en los meses de verano y otoño, y la zona Norte (Cabo San Lucas y La Paz) la de menor importancia para la reproducción.

ABSTRACT.

Sailfish, whose northern **limit is in** the southern Gulf of California, **is an** abundant resource. In this **area**, the tourist and billfish sport fishing infrastructure **is very** important. There **is** concern about a depletion of the billfish resource. However, there are few studies that can help toward **optimal** management.

This work describes the reproductive pattern of sailfish, determining **areas** and spawning seasons, sizes at reproduction, and batch fecundity.

This study **is based on** the analysis of gonad samples **and eye-fork** length, weight, and **sex** ratio of 879 **fish collected** from 1989 to 1991. The samples were from the sport fishing fleet operating **in** three **areas**: 1) Cabo San Lucas and La Paz, 2) Mazatlan, and 3) Puerto Vallarta, Barra de Navidad and Manzanillo.

To determine the **females'** maturity stage, the gonad index, which **is** the proportion between the gonad weight and the total weight was **used**. Histological analyses were done and **described five** stages of gonad maturity. The distribution of the intraovarian oocyte **in** hydrated gonads shows four different groups, identifying the sailfish as a partial spawning fish. From the relationship between the number of oocytes and the **fish** weight, we estimated the average batch fecundity as $1'870,000 \pm 270,000$.

From the analysis of the length data of the mature **females**, the length at which 50% of the **females** were mature was 175 cm. The **sex** ratio shows geographical and seasonal variation that leads **us** to **assume** a differential **sex** distribution. In zone 1, young **females** were founded; **in** zone 2, the **sex** ratio was 1 : 1; and **in** zone 3, there were more males.

In general, **in** accordance **with** the frequency of appearance of mature **females** (gonad index larger than 3, with hydrated and spent gonads), the intensity and duration of the spawning **season** shows a **south** to north gradient. The most southern zone (3) has the most reproductive activity during summer and autumn, and the most northern zone the least reproductive activity.

INTRODUCCION.

La explotación comercial y deportiva de los picudos (marlines, pez espada y pez vela) representa una importante actividad productiva en México. En aguas de la Zona Económica Exclusiva de México (ZEEM) en el Pacífico, el desarrollo de esta pesquería está estrechamente relacionado con el de la flota palangrera japonesa en aguas del Pacífico Oriental. Según Ueyanagi (1974), la flota palangrera alcanzó el Pacífico Oriental en 1954 y en 1963 inició operaciones en aguas adyacentes al mar territorial mexicano. En términos generales el marlin rayado (*Tetrapturus audax*) constituyó el 62.6%, el pez vela (*Istiophorus platypterus*) el 29.2% y el pez espada (*Xiphias gladius*) el 7%. La mayor captura de pez vela (1,267 t) se logró en 1965, y desde entonces se reporta un decremento en las tasas de captura (Kume y Joseph, 1969a; Shingu et al., 1974; Miyabe y Bayliff, 1987 y Nakano y Bayliff, 1992).

En México, oficialmente la pesca comercial de picudos inició a finales de 1980, pero no todos los barcos operaban bajo una situación legal regular. Para 1987 la flota operaba regularmente. En Agosto de ese año, por decreto del Gobierno Federal, la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de la costa Occidental de México quedó dividida en tres zonas para la pesquería de los peces de pico. La primera comprendida de la línea base hasta las 50 millas mar adentro, reservada para la pesca deportiva. La segunda, de las 50 millas hasta los límites de la ZEE, donde se puede realizar la pesca comercial. La tercera, comprende dos áreas protegidas para la reproducción de los peces de pico: una, desde la Isla de Cedros en la costa Occidental de Baja California Sur hasta la boca del Golfo de California, y la otra, frente al Golfo de Tehuantepec (Anónimo, 1987), (Figura 1).

Esta reglamentación contempla la protección de los peces de pico, estableciendo cuotas de captura y limitando el número de permisos de pesca (Squire y Muhlia-Melo, 1993), evitando el traslapo en las actividades de pesca de la flota palangrera comercial y la flota deportiva.

Desde antes del establecimiento de las diferentes zonas de pesca han existido una serie de conflictos entre las flotas deportiva y comercial. Las presiones ejercidas por el sector turístico y por los pescadores deportivos, han

ocasionado que desde 1987 se limiten o nieguen los permisos para la pesca comercial. Se argumenta que la operación comercial puede causar un decremento en la captura de la flota deportiva, misma que ocasionaría una baja en la afluencia de turistas a los diferentes puertos donde se practica este tipo de pesca v.g. **Acapulco, Barra de Navidad, Puerto Vallarta, Mazatlán, Cabo San Lucas y La Paz.**

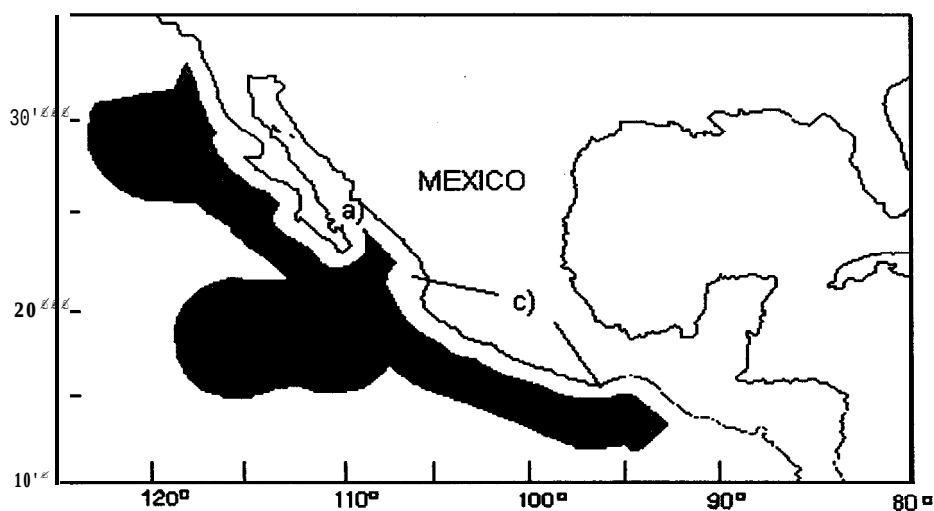


Figura 1.- División de la ZEE, de acuerdo a la reglamentación establecida para peces de pico. a) franja de 50 mn reservadas a la pesca deportiva, b) Zona reservada para la pesca comercial y c) Zonas restringidas a todo tipo de pesca.

La solución a los conflictos entre los dos tipos de flotas involucra aspectos económicos, sociales y biológicos de las especies explotadas, en especial aquellos que puedan relacionarse con la definición de medidas administrativas de su pesquería, v.g. patrón reproductivo.

En el caso del pez vela, especie abundante dentro de aguas mexicanas, es importante estudiar aspectos sobre su biología básica que ayuden a la comprensión y explotación del recurso. En esta tesis se abordarán aspectos sobre su patrón reproductivo basados en la captura de la flota de pesca deportiva.

ANTECEDENTES.

Según Morrow y Harbo (1969), el pez vela taxonómicamente se encuentra ubicado de la siguiente manera:

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Clase:	Osteichthyes
Subclase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Xiphoidei
Familia:	Istiophoridae
Género:	Istiophorus
Especie:	<i>Istiophorus platypterus</i> .

El pez vela se caracteriza por tener un cuerpo en forma de torpedo comprimido lateralmente, alcanzando una longitud total hasta de 340 cm. Se reconoce fácilmente en campo por tener la primera aleta dorsal en forma de vela, con una dimensión mayor que la parte más ancha del cuerpo; sus aletas pélvicas son muy largas pudiendo alcanzar el orificio anal (Nakamura, 1985).

El pez vela se encuentra en zonas tropicales y subtropicales, presentando una distribución predominantemente costera. En el Pacífico Occidental se encuentra desde los 27° S hasta los 40° N. En el Pacífico Oriental la distribución está más restringida, aunque el recurso parece más abundante entre los 5° S y los 25° N; la mayor abundancia se presenta frente a las costas del Sur de México y América Central, alcanzando el máximo durante los meses de invierno entre los 20° N y el Ecuador (Joseph *et al.*, 1974; Squire, 1974).

La temperatura juega un papel importante en la distribución del pez vela tanto latitudinal como vertical; la última parece limitada por la profundidad de la termoclina. Otro factor que puede estar relacionado con la distribución del pez vela es la presencia de zonas de alta productividad (Beardsley *et al.*, 1975 y Williams, 1970).

En la costa Oeste de Africa la migración del pez vela se ha relacionado con la isoterma de los 28°C y los desplazamientos de cardúmenes de peces de *Sardinella*, *Trachurus* y *Engraulis sp.*, de los cuales se alimenta (Ovchinnikov 1966). En el Atlántico, en las afueras de Florida, los movimientos de pez vela hacía el Norte durante el verano son influenciados por los vientos y los desplazamientos de aguas cálidas. Con el inicio del clima frío y vientos del Norte se mueven hacia el Sur y se agrupan en cardúmenes. (Voss, 1953; citado por Beardsley et al., 1975). En el Pacífico Occidental los desplazamientos a lo largo de la costa se han asociado a la corriente de Kuroshio (Nakamura, 1949 y Ueyanagi, 1959; citados por Beardsley et al., 1975).

Para estudiar los movimientos del pez vela se han realizado experimentos de marcado y recaptura. Squire (1974) reporta que de más de 4,700 peces marcados desde 1954 hasta 1971 en el Pacífico Oriental, solamente 8 fueron recuperados y la mayoría dentro de la zona donde inicialmente se habían marcado. Mather et al., (1974) hizo observaciones semejantes en zonas cercanas a Florida; la mayor parte de peces recapturados se obtuvieron en zonas cercanas a donde fueron marcados y solo algunos hicieron desplazamientos más extensos sin presentar un patrón definido.

La presencia de una población importante de pez vela en el Pacífico Oriental a lo largo de la costa entre México y Ecuador, con un límite Norte en el área de la Boca del Golfo de California ha sido descrita por Kume y Joseph (1969a), Shingu et al., (1974), Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992). Esta población parece hacer migraciones Sur-Norte y Norte-Sur que se han relacionado con el desplazamiento de la isoterma de los 28°C (Kume y Joseph, 1969a).

El análisis de las capturas efectuadas por la flota palangrera mexicana durante 1987 muestra que durante el primer trimestre de ese año el pez vela se concentró frente a las aguas costeras de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero (entre los 18 y los 21°N). En el área de la boca del Golfo de California se registraron bajas capturas de pez vela en ese tiempo. Durante el segundo trimestre el pez vela se encontró en el área de las Islas Revillagigedo, pero a muy bajas densidades. La zona de mayor concentración

correspondió al Golfo de Tehuantepec, tanto en aguas costeras como oceánicas. Durante el tercer trimestre las zonas de mayor abundancia fueron las **aguas costeras** del Golfo de Tehuantepec y las **costeras** entre los 16 y 23°N. En el área de las Revillagigedo la abundancia siguió siendo baja, pero se registró una extensión de la zona de distribución de la especie hacia el Norte, hasta la parte Sur de la península de Baja California. Para el cuarto trimestre de 1987 el esfuerzo se concentró fuera de las zonas de protección establecidas por el gobierno de México. Los valores más altos de las tasas de captura se obtuvieron frente a las costas de Jalisco (Anónimo, 1988).

Según informes de la Secretaría de Pesca, el Golfo de Tehuantepec contribuye con el 90% de captura del pez vela que se obtiene dentro de la ZEEM. En ella se ha llegado a obtener el 70% de las capturas totales en el Pacífico con respecto a toda el área de operación de la flota palangrera (Anónimo, 1988).

A pesar de que para el análisis de la pesca deportiva de pez vela en la ZEEM no se cuenta con estadísticas de captura y esfuerzo como en la pesca comercial, Osuna-Flores (1991) reporta que se practica durante todo el año, existiendo evidencia de que en cada puerto existen meses en los cuales es mayor su incidencia. Así, en Mazatlán, Junio y Noviembre son los meses de mayor captura; en Puerto **Vallarta** y Manzanillo, Octubre y Noviembre; en Baja **California** Sur, Agosto a Noviembre y en Acapulco, se presentan picos en invierno y en mayo. En promedio las mayores capturas de pez vela se obtienen en Acapulco y Puerto **Vallarta** seguidos por Mazatlán y Baja California Sur.

Reproducción.

El pez vela vierte sus productos sexuales al medio ambiente, donde son fertilizados. En algunas ocasiones se han observado hasta tres machos **acompañando** a una hembra. Esto posiblemente es el reflejo de una conducta que garantiza que la mayor cantidad de huevos desovados sean fertilizados aumentando el éxito reproductivo (Beardsley et al., 1975 y Hempel, 1979). En el Atlántico se han reportado desoves a 180 metros de la costa (Fritzsche, 1978).

Las gónadas del pez vela son bilobuladas y frecuentemente asimétricas. El sexo y el estado de madurez de los individuos se puede

distinguir por el color y el volumen que ocupan las gónadas. Histológicamente se han caracterizado cinco estadios de madurez para el pez vela del Atlántico: I.-Inmaduro, II.-Reposo, III.-Activo, IV.-Hidratado y V.-Desovado. Estos fueron descritos y validados por medio de la medición de los diámetros de los ovocitos. Se encontraron estadios I y II a lo largo del año; el estadio III aparece en marzo y es fácil observarlo hasta junio; el estadio IV aparece en abril y es más fácil observarlo de mayo hasta septiembre y el estadio V se observa en mayo y son un poco más comunes de junio a septiembre. En los machos se observó algo de actividad durante todo el año siendo ésta mayor en los meses de abril a octubre (Jolley, 1977).

Jolley (1977) ha descrito en ovarios maduros e hidratados de pez vela hasta tres diferentes grupos de ovocitos intraováricos, lo que permite caracterizarlo como una especie con desoves parciales y una amplia temporada de reproducción; calculó de acuerdo al número de modas para un pez vela del Atlántico de 33.4 kg, un valor de 4.8 millones de ovocitos desovados por temporada. Según Merrett (1970, citado por Beardsley et al., 1975), la fecundidad de estos organismos aumenta en forma proporcional con la talla y la edad del pez; contó 19.5 millones de huevos en una hembra de pez vela del Africa Oriental. Voss (1953, citado por Beardsley et al., 1975) determinó que un ovario de pez vela de Florida que pesaba 1.4 kg, contenía 2.3 millones de huevos; también obtuvo conteos de hasta 4.7 millones de huevos en una hembra cuya gónada media 50.8 cm y pesaba 3.6 kg. Ovchinnikov (1970, citado por Beardsley et al., 1975) da una estimación de fecundidad entre 1.6 y 11.5 millones de huevos a partir de ovarios que pesaban entre 1.1 y 2.1 kg en hembras de pez vela del Atlántico.

Algunos autores mencionan una tendencia dentro de los peces de pico a que las hembras alcancen una mayor talla que los machos, (Howard y Ueyanagi, 1965; Kume y Joseph, 1969b; Eldridge y Wares, 1974 y Hopper, 1990). Kume y Joseph (1969b) reportan para el pez vela del Pacífico Oriental tallas diferentes por sexo. En aguas oceánicas encontraron para machos dos grupos modales: de 145 a 165 cm y de 175 a 190 cm de longitud ojo-furca. Para las hembras los valores fueron de 155 a 180 y de 185 a 210 cm de longitud ojo-furca. En aguas costeras solo encontraron un grupo modal para cada sexo, que correspondió al segundo de las aguas oceánicas. Squire com.

pers. (citado por Kume y Joseph, 1969b) encuentra en las costas de Mazatlán tallas que se traslapan con las primeras observadas para los peces oceánicos, midiendo los machos entre 160-180 cm y las hembras entre 160-185 cm de longitud ojo-furca. **Zurita-Brito** (1985) reporta para las costas de Acapulco tallas promedio entre los 168 y 173 cm de longitud ojo-furca con pesos promedio entre 38.6 y 42.3 kg, sin hacer una separación entre sexos.

Macías Zamora (1993) reporta en peces obtenidos de la flota de pesca deportiva de Manzanillo, Colima; una longitud ojo-furca entre 114-208 cm con una moda en 165175 cm.

Alvarado-Castillo (1993) por su parte reporta que los peces jóvenes se encontraron más frecuentemente en las zonas de Cabo San Lucas, La Paz y Mazatlán, mientras los peces de más edad los encuentra en las zonas adyacentes a los puertos de Manzanillo y Puerto Vallarta.

En la zona de la boca del Golfo de California, Eldridge y Wares (1974) reportan hembras maduras de pez vela; estimaron su talla de primera madurez en 160-165 cm de longitud ojo-furca. En esta zona también existe evidencia de juveniles de aproximadamente 230 mm de longitud furcal encontrados en contenidos estomacales de dorados (*Coryphaena hippurus*) capturados por la flota de pesca deportiva de Cabo San Lucas a finales del mes de octubre (Aguilar-Palomino et al., en prensa). Yurov y González (1972, citado en Osuna-Flores, 1991) basados en la presencia de juveniles al Norte de **Guaymas**, Sonora, mencionan que la boca del Golfo de California sirve como posible corredor para que el pez vela pase hacia el interior del Golfo a reproducirse.

JUSTIFICACION.

En el Sur del Golfo de California, la infraestructura del sector turístico asociado a la pesca deportiva de peces de pico es muy importante y la preocupación por la conservación del recurso es grande. Sin embargo, son pocos los estudios que dan base a la instrumentación de medidas administrativas para lograr su explotación racional (v.g., Squire y Au (1990), Osuna-Flores (1991) y Macías-Zamora (1993)). Esto se relaciona con la dificultad de obtener datos básicos sobre la biología y la pesquería del recurso.

Las medidas administrativas dictadas por el gobierno federal de México, para regular la pesquería de picudos en el Pacífico, tienden a subestimar el problema, ya que la reglamentación parece dirigirse a la protección de un grupo de pescadores en particular. Gulland (1982) sugiere que este tipo de manejo es probablemente efectivo porque reduce o elimina la competencia entre grupos de pescadores, pero menciona que en la mayoría de los casos no existe suficiente información sobre el movimiento y distribución de las especies de peces afectadas, para asegurar que se reduce la competencia por el mismo stock.

Si bien los peces de pico en ocasiones comparten su hábitat, por lo general cada especie se desarrolla en un ambiente determinado, lo que dificulta la definición de medidas regulatorias para el grupo, siendo necesario realizar estudios específicos para cada una de ellas, en especial sobre su reproducción, ya que de acuerdo con Joseph y Greenough (1979), el manejo de estas especies debe considerar el no sobreexplotar la porción reproductora a fin de que pueda sostener la población para la siguiente temporada.

OBJETIVO.

Describir el patrón reproductivo del pez vela *Istiophorus platypterus*, al Sur de la boca del Golfo de California, a partir de la captura realizada por la flota de pesca deportiva que operó en los puertos de Barra de Navidad, Manzanillo, Puerto Vallarta, Mazatlán, Cabo San Lucas y La Paz, durante 1989, 1990 y 1991.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Conocer la proporción por sexos en las capturas de la flota de pesca deportiva observando si existe una variación espacial de la misma.

Determinar los cambios morfológicos en el ovario, durante la madurez sexual y relacionarlos con los **índices** de madurez gonádica.

Establecer las zonas y temporadas de reproducción de *Istiophorus platypterus*, en el área de estudio.

Determinar la talla a la que el 50% de las hembras alcanza la madurez.

Estimar la fecundidad parcial de la especie.

MATERIAL Y METODOS.

a) Procedimiento en campo.

El material biológico para este estudio se recolectó en seis puertos turísticos: Cabo San Lucas (CSL) y La Paz (LP), B.C.S., de 1989 a 1991; y en Mazatlán, Sin. (MAZ); Manzanillo, Col. (MAN), Puerto **Vallarta (PTV)** y Barra de Navidad (BN), Jal., en 1991 (Figura 2). Las muestras se obtuvieron al momento del desembarco de la **captura** de la flota deportiva, principalmente durante los torneos de pesca que se realizaron en cada zona. Solo en Mazatlán y Cabo San Lucas se efectuaron muestreos mensuales, independientes de los torneos.

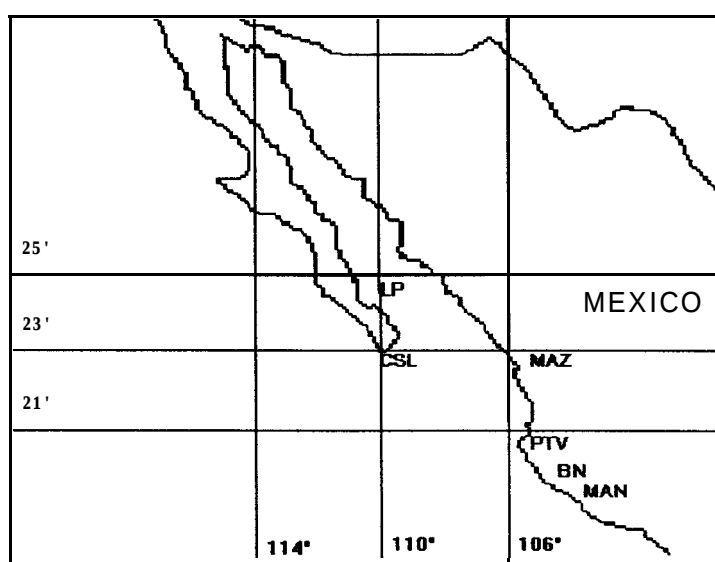


Figura 2.- Zona de estudio. Cabo San Lucas (CSL), La Paz (LP), Mazatlán (MAZ), Puerto Vallarta (PTV), Barra de Navidad (BN) y Manzanillo (MAN).

Para su posterior análisis, las muestras de las diferentes localidades se agruparon en tres zonas. La zona 1, comprendió las muestras colectadas en la La Paz y Cabo San Lucas; la zona 2, Mazatlán y la zona 3, Manzanillo, Barra de Navidad y Puerto Vallarta.

A cada ejemplar se le tomaron en campo los siguientes parámetros **morfométricos** (Figura 3).

- 1) Longitud ojo-furca (cm).
- 2) Peso Total (kg).
- 3) Peso Total de la Gónada (g)

El sexo se determinó de forma macroscópica, y se tomó una muestra de la gónada la cual se fijó en formol al 10% para su posterior proceso histológico (Jolley, 1977; Humason, 1979).

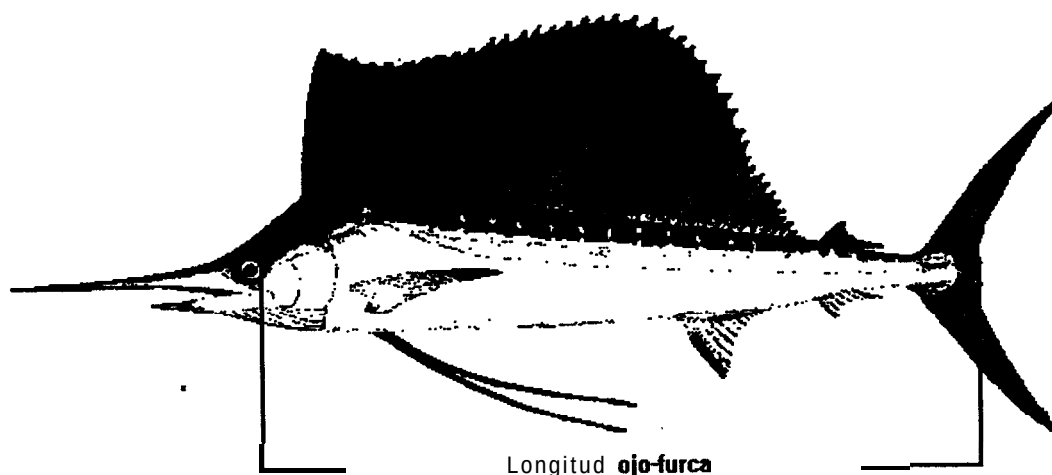


Figura 3.- Esquema del pez vela (*Istiophorus platypterus*).

b) Procedimiento de laboratorio.

En el laboratorio se realizó el proceso histológico *i. e.* corte de la muestra, deshidratación, inclusión en parafina, corte con **microtomo** de rotación (7 μm de grosor), coloración con hematoxilina-eosina y montaje en portaobjetos para su **posterior observación** al microscopio (Gray, 1958 y Davenport, 1960). Esto ayudó a corregir o confirmar la determinación de sexos y a establecer el grado de madurez que presentaban las hembras.

c) Proporción de sexos, tallas y pesos.

Los sexos, una vez confirmados, se separaron por años y por zonas buscando la existencia de variación temporal o latitudinal.

Se **graficó** la distribución de tallas y pesos. Se comparó entre los diferentes años. Se separó por sexos y se analizaron las tallas de los machos y de las hembras por años y en forma global para los tres años de muestreo; para cada una de las comparaciones se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras (Steel y Torrie, 1985)

d) Índice gonádico.

La estimación de **índices** gonádicos para determinar el grado de madurez ha sido ampliamente utilizado (Orange, 1961; González-Ramírez, 1988; Kume y Joseph 1969b, Shingu et al., 1974, Weber y Goldberg, 1986; Miyabe y Bayliff, 1987 y Nakano y Bayliff, 1992). Sin embargo, Miyabe y Bayliff (1987) señalan al **índice** gonádico como una medida burda de la madurez, ya que peces con el mismo **índice** pueden estar en diferente estadio. Por ejemplo, peces con un **índice** elevado pueden estar desovados o apenas madurando como consecuencia de una maduración diferencial de los ovocitos característico de los peces con desoves parciales (Hempel, 1979).

Sin embargo, la estimación del **índice** de madurez tiene ventajas prácticas, pues permite establecer en forma relativamente rápida la presencia de hembras activas en la reproducción. Por esta razón, en este estudio se utilizó el **índice** gonádico (IG) propuesto por Uchiyama y Shomura (1974) que relaciona el peso de la gónada (**Wg**) con el peso total del pez (**Wt**).

$$IG = (Wg/Wt)*100$$

Se analizó la variación mensual del **índice** gonádico por sexos para cada año.

e) Escala de madurez.

Las técnicas histológicas como herramienta en la descripción de las gónadas han sido utilizada por diferentes autores (Hunter y Goldberg, 1980; Hunter y Macewicz, 1984; Torres-Villegas et al., 1986; Schaefer, 1987). Permiten observar cambios detallados dentro de la estructura celular de la gónada y ayudan a determinar variaciones en la estructura celular de la gónada como posible respuesta a las condiciones del ambiente (Hunter et al., 1992)

En este estudio, por observación al microscopio, se estableció una escala preliminar de madurez para las hembras de acuerdo a las características histológicas internas de las gónadas. Esta se validó por un análisis de distribución de diámetros de ovocitos intraováricos (modificado de Talikina, 1985), que se llevó a cabo de la siguiente manera:

De cada estadio de la escala preliminar, se escogieron 3 muestras y de cada una de ellas se tomaron tres submuestras, cada una de 1 mm², y con el micrómetro del objetivo, se midió el diámetro mayor de los ovocitos que presentaron núcleo dentro de cada área y se calculó el diámetro promedio de los ovocitos intraováricos.

Para establecer diferencias entre los diámetros de cada estadio se aplicó un análisis de variancia. Cuando la diferencia fue significativa se realizó una prueba de Tukey para separar los grupos (Zar, 1984). Además, se consideraron las características de sus estructuras histológicas.

f) Temporada de reproducción

La temporada de reproducción se delimitó de acuerdo a la frecuencia de los estadios de madurez a lo largo del año, considerando como sexualmente activos los estadios de vitelogénesis en grado avanzado, hidratados y recientemente desovados. En 1991 se agrupó por zonas para observar diferencias espaciales en la temporada de reproducción.

Para estimar la talla a la que el 50 % de las hembras alcanza la madurez, primero se separaron histológicamente las hembras maduras, utilizando aquellas que presentaron gónadas en vitelogénesis en grado avanzado, hidratadas, desovadas y en reabsorción. Además, se consideraron las hembras que presentaron un **índice** gonádico mayor a 3 (Kume y Joseph, 1969b). El estimado de la talla de reclutamiento fue basado en el ajuste de la función de distribución logística a el porcentaje acumulado de maduros dentro de una clase de talla (Taylor y Murphy, 1992). Como herramienta para obtener la función de distribución **logística** se utilizó el programa ELEFAN; analizando la proporción acumulada de hembras maduras observada por cada intervalo de talla. Los valores obtenidos fueron del 25, 50 y 75% de probabilidad de madurez.

g) Fecundidad parcial.

La fecundidad parcial se determinó para 24 hembras hidratadas, pertenecientes a toda la zona de estudio (2 de 1989, 2 de 1990 y 20 de 1991). Se contaron los ovocitos hidratados en un peso de gónada conocido y después se extrapoló al peso total de la gónada. Con el fin de no subestimar la

fecundidad parcial, las hembras se escogieron con gónadas que no tuvieran presencia de folículos posovulatorios (Hunter et *al.*, 1984).

Para determinar el peso de la muestra usado en la estimación de la fecundidad se hizo un ejercicio de muestra mínima, tomando de una gónada submuestras iniciales de 0.01 g, en las cuales se contó los ovocitos hidratados. Los resultados se acumularon calculando en cada caso la variancia, y el tamaño de muestra al que la diferencia entre las variancias empezó a ser mínima, se consideró como el tamaño mínimo de muestra (modificado de Buesa, 1977).

El procedimiento para el cálculo individual de la fecundidad se realizó de acuerdo a McGregor (1957). Se drenó la muestra de gónada con el fin de quitar el exceso de fijador y se pesaron tres submuestras. Cada una se colocó en un portaobjetos con una gota de glicerina. Después se separaron los ovocitos del tejido conjuntivo y se montaron en hileras entre 2 portaobjetos.

Con un proyector se amplificó a escala cada submuestra y se contaron y midieron los ovocitos hidratados. Los resultados se extrapolaron para estimar el número promedio de ovocitos por gónada. Para las hembras del año 1991, se realizó el diagrama de dispersión correspondiente al número de ovocitos hidratados totales contra el peso total o la longitud ojo-furca furcal de cada hembra y se efectuó un análisis de regresión.

El modelo estimado de regresión se aplicó a cada hembra muestreada en 1991. Los resultados se agruparon por mes y se calculó la fecundidad parcial promedio (por mes y anual).

Como método alternativo para estimar la fecundidad parcial se contó el grupo de ovocitos intraováricos de mayor diámetro dentro de las gónadas maduras (Hunter et al., 1984). Para esto se aplicó la metodología antes descrita, y la separación del último grupo modal de ovocitos, se realizó por medio del método de Battacharya (Sparre et al., 1989).

Con valores de fecundidad parcial para cada hembra, calculados a partir del modelo de regresión estimado y la estimación correspondiente de edad calculada por el modelo de crecimiento propuesto por Alvarado-Castillo (1993), para lo cual también se estimaron los valores de longitud mandibular a partir de la longitud ojo-furca, se realizó el diagrama de dispersión entre los valores de fecundidad parcial y el grupo de edad correspondiente.

RESULTADOS.

a) Proporción de sexos, tallas y pesos.

Debido al manejo de los pescados al recibirlos en muelle, el número de gónadas colectadas fue menor al número de pescados registrados (Tabla 1). La proporción de sexos para 1989 y 1990 estuvo sesgada hacia las hembras, mientras en 1991, año en que se amplió la zona de muestreo hasta el puerto de Manzanillo, Col., la proporción parece equilibrarse (Figura 4).

Tabla 1.- Material biológico colectado y proporción de sexos observada para pez vela (*Istiophorus platypterus*).

ANO	ZONA*	ESTACION DEL AÑO	#DE MUESTRAS	#DE GONADAS	#DE HEMBRAS	PROPORCION H:M
1989	1	Verano	175	157	95	1:0.65
		otoño	39	39	32	1:0.22
		Σ	214	196		1:0.54
1990	1	Primavera	14	8	5	1:0.6
		Verano	128	109	66	1:0.65
		Otoño	7	5	4	1:0.25
		Σ	149	122		1:0.62
1991	1	Primavera	2	2	2	1:0
		Verano	45	40	30	1:0.33
		Otoño	30	27	20	1:0.35
		Total	77	69		1:0.33
	2	Invierno	6	6	3	1:1
		Primavera	36	36	18	1:1
		Verano	61	45	21	1:1.14
		Otoño	71	65	33	1:0.97
		Total	174	152		1:1.03
	3	Invierno	6	6	5	1:0.2
		Primavera	5	5	3	1:0.66
		Verano	31	28	14	1:1
		Otoño	340	301	130	1:1.32
		Total	382	340		1:1.24
		Σ	633	661		1:1.01

(*) Zona: 1 (Cabo San Lucas y La Paz), 2 (Mazatlán), y 3 (Puerto Vallarta, Barra de Navidad y Manzanillo).

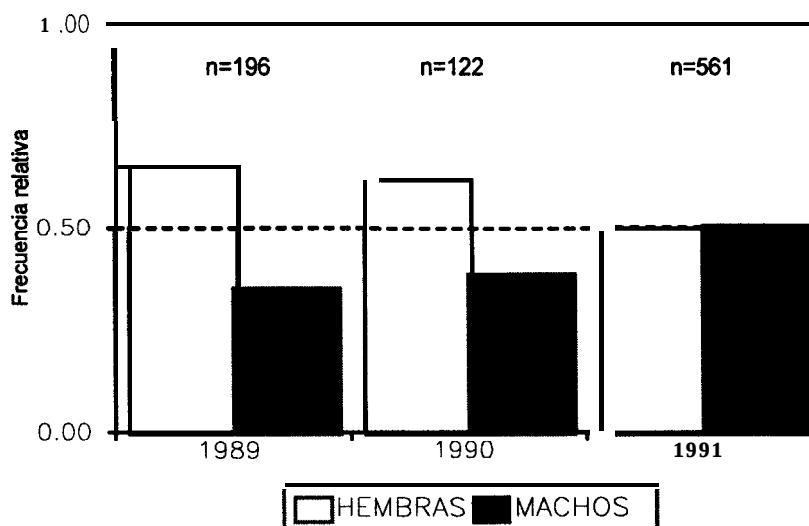


Figura 4.- Proporción de sexos.

En 1991 se observó en la zona 1 (Cabo San Lucas y La Paz), una proporción sesgada hacia las hembras como en los **años** 1989 y 1990. En la zona 2 (Mazatlán), la proporción alcanzó valores cercanos a **1:1** (H:M) y en la zona 3 (Manzanillo, Puerto **Vallarta** y Barra de Navidad) la proporción estuvo sesgada hacia los machos (Tabla 1).

La proporción de las hembras, en la zona 1 se mantuvo arriba de 0.5 para todas las estaciones del año. En la zona 2, fue ligeramente menor a 0.5. En la zona 3, la proporción de las hembras fue de mayor a 0.5 en el invierno, disminuyendo hasta alcanzar en el **otoño** la menor proporción de hembras observada (Figura 5). Estos cambios en la proporción de sexos se presentan en otros peces de pico (e. g. Marlin Azul (Hopper, 1990) y Marlin Rayado (Kume y Joseph **1969b**)), y se han relacionado con los períodos de mayor actividad reproductiva.

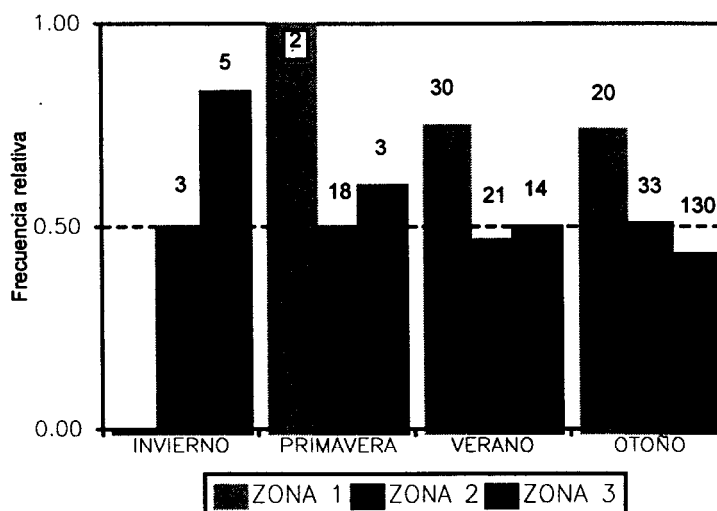


Figura 5.- Variación estacional en la proporción de hembras (1991) (el número son hembras muestreadas en cada estación del año).

Al comparar la **distribución** de tallas en los diferentes años sin considerar el sexo, no se observó una diferencia significativa (Kolmogorov-Smirnov de dos muestras; $p > 0.05$). Tomando en cuenta el sexo, en 1989 no se observó diferencia entre hembras y machos (Figura 6), pero en **1990 y 1991**, las hembras fueron más grandes (Figura 6). Al agrupar las tallas de todos los pescados muestreados durante los tres años, y comparar entre machos y hembras, se encontró **que los primeros son mas pequeños** (Kolmogorov-Smimov de dos muestras; $p < 0.05$) (Tabla 2).

Los tallas promedio para cada año fueron las siguientes: en 1989, 174 cm y 169 cm; para 1990, 171 cm y 165 cm y en 1991, 174 cm y 169 cm; para hembras y machos respectivamente.

Al analizar la **distribución del** peso total entre hembras y machos para cada año, en 1989 no se encontró diferencia significativa (Figura 7), mientras **que en los años de 1990 y 1991 las hembras pesaron más que los machos** (Figuras 7). La distribución entre sexos para los tres años presentó diferencia significativa.

Los pesos promedio fueron los siguientes: en 1989, 34 kg y 32.5 kg; en 1990 31 kg y 29 kg y en 1.991, 33 kg y 29 kg; para hembras y machos respectivamente.

Tabla 2.- Datos generales de tallas y pesos de pez vela.

		n	Talla Promedio	Intervalo de talla	n	Peso promedio	Intervalo de peso
Zona 1	Primavera		190			41 ± 9 *	32 - 50
	H	1	190		2	41 ± 9	32 - 50
	M	0			0	-	
	Verano		168 ± 12*	136 - 192		31 ± 6.45	15 - 50
	H	30	170 ± 10.9	141 - 192	29	32 ± 6.95	15 - 50
	M	10	160 ± 12.0	136 - 178	10	27 ± 3.39	21 - 32
	Otoño		175 ± 10.6	157 - 201		32 ± 5.46	22 - 41
	H	20	177 ± 10.5	157 - 201	20	33 ± 5.60	22 - 41
	M	7	171 ± 8.2	159 - 187	7	29 ± 2.73	25 - 35
Zona 2	Invierno		165 ± 9.07	147 - 175		30 ± 3.38	25 - 35
	H	3	166 ± 4.87	162 - 173	3	31 ± 2.87	25 - 35
	M	3	163 ± 11.7	147 - 175	3	28 ± 3.01	25 - 32
	Primavera		165 ± 11.7	133 - 187		35 ± 6.83	24 - 58
	H	18	165 ± 12.9	134 - 187	18	36 ± 8.29	24 - 58
	M	18	166 ± 10.4	133 - 185	18	34 ± 4.53	26 - 40
	Verano		164 ± 11.3	143 - 195		28 ± 8.32	15 - 44
	H	21	172 ± 8.39	160 - 195	21	31 ± 5.21	23 - 39
	M	24	160 ± 9.61	143 - 175	24	26 ± 6.93	15 - 44
	Otoño		167 ± 10.4	145 - 193		28 ± 6.00	10 - 43
	H	33	169 ± 11.7	150 - 193	33	29 ± 5.74	21 - 43
	M	32	164 ± 8.07	145 - 181	32	26 ± 6.25	10 - 38
Zona 3	Invierno		162 ± 4.37	154 - 167		24 ± 4.62	19 - 32
	H	5	164 ± 2.47	160 - 167	5	25 ± 4.54	19 - 32
	M	1	154		1	19	
	Primavera		153 ± 20.7	112 - 168		26	
	H	3	147 ± 24.9	112 - 168	1	26	
	M	2	162 ± 2.75	159 - 164	0	-	
	Verano		171 ± 8.48	147 - 185		30 ± 4.72	22 - 38
	H	14	172 ± 7.77	153 - 185	10	30 ± 4.80	22 - 38
	M	14	169 ± 8.56	147 - 183	12	31 ± 4.61	22 - 36
	Otoño		175 ± 11	140 - 224		32 ± 5.61	18 - 51
	H	129	178 ± 10.5	151 - 224	125	34 ± 5.44	20 - 49
	M	169	172 ± 10.4	143 - 200	166	30 ± 5.05	18 - 46

(*) **Nota** los valores son promedios ± desviación estándar.

(**) Zona: 1 (Cabo San Lucas y La Paz), 2 (**Mazatlán**), y 3 (Puerto Vallarta, Manzanillo y Barra de Navidad).

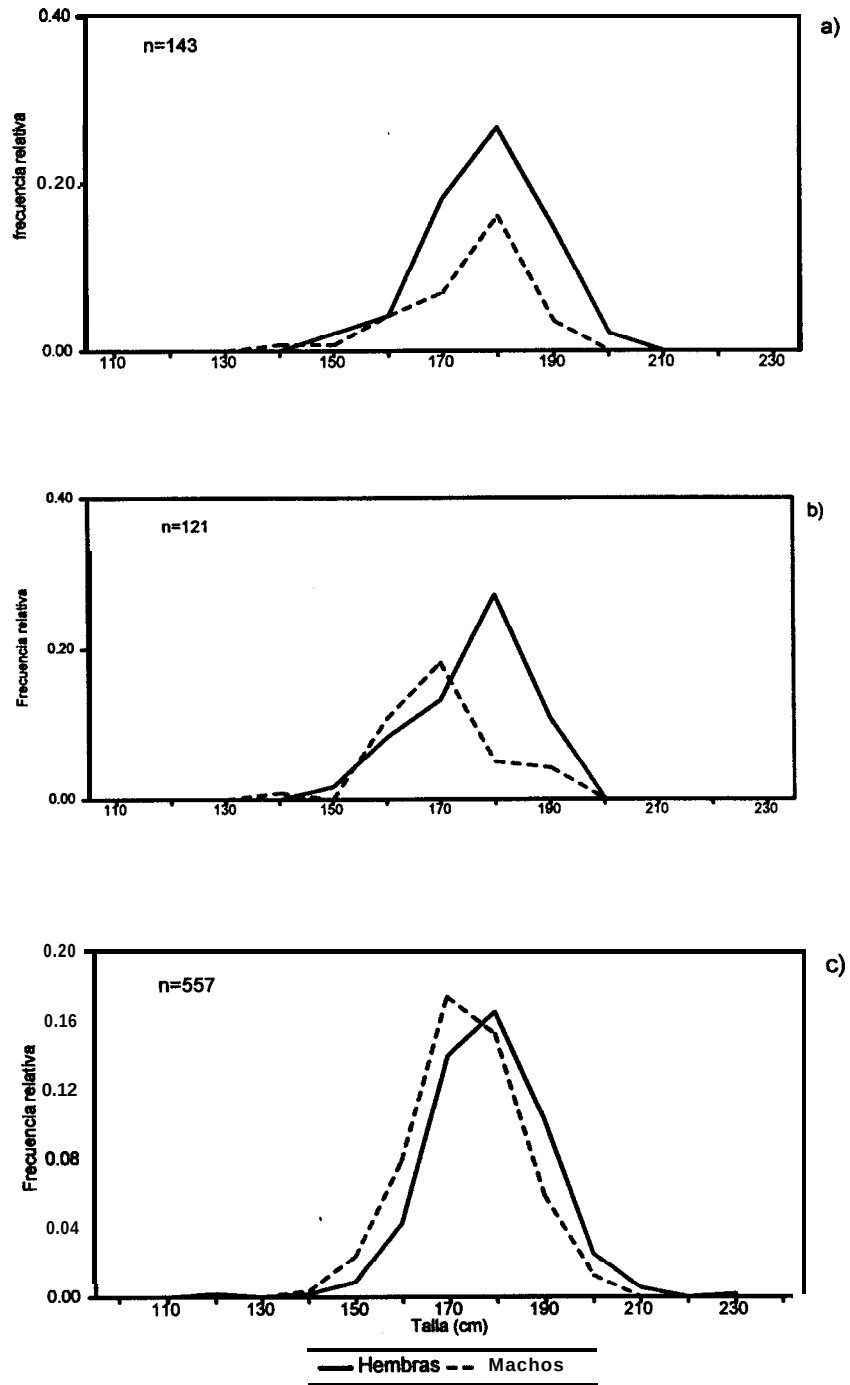


Figura 6.- Distribución de tallas durante: a) 1989, b) 1990 y c) 1991.

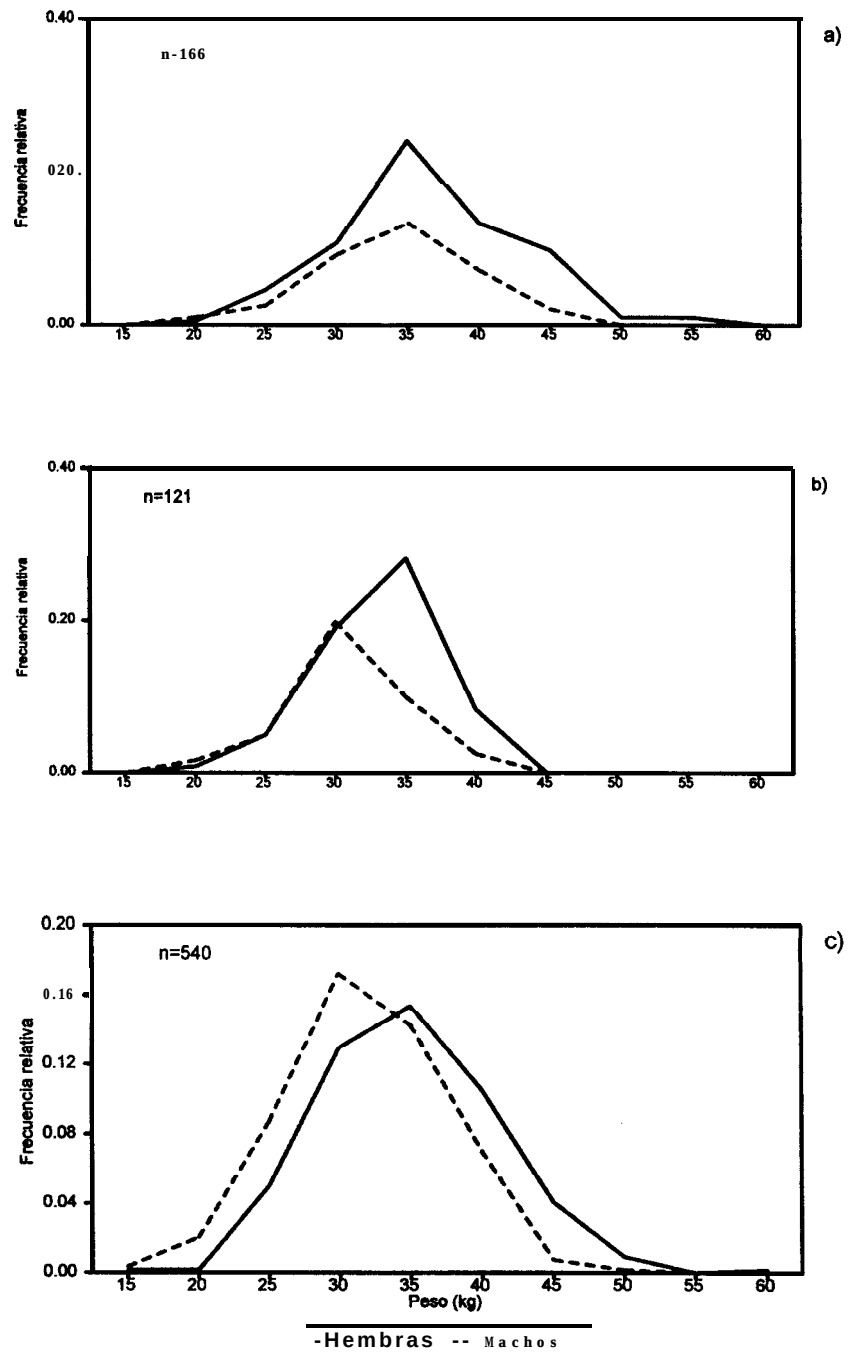


Figura 7.- Distribución de pesos durante: a) 1989, b) 1990 y c) 1991.

Lo anterior permite suponer una tasa de crecimiento diferencial entre sexos, con las hembras alcanzando mayores tallas y pesos que los machos, fenómeno que se observa claramente en otras especies de peces de pico. Sin embargo, esto es menos evidente en pez vela.

b) Índice gonádico.

El **índice gonádico** presentó variación durante los meses muestreados. La mayor parte se explica por los cambios en el peso de la gónada de las hembras más que de los machos. En 1989, aunque los valores promedio mensuales para el **índice** son bajos, para las hembras se observan valores aislados elevados, que resultan en un amplio intervalo. Estos valores altos son evidentes durante los meses de agosto y septiembre, correspondiendo también con los mayores intervalos observados para los machos (Figura 8).

En 1990 los valores promedio se mantuvieron bajos para las hembras, aunque también se observan valores aislados altos durante el mes de agosto. Para los machos los promedios e intervalos en los valores de los **índices** fueron menos variables (Figura 8).

En 1991 con la ampliación de la zona de muestreo se logró representar de mejor forma los meses del año. En general, se observan valores promedio bajos, aunque de junio a noviembre el valor promedio es más alto y tiene un mayor intervalo. A diferencia de los años anteriores se presentaron un mayor número de hembras con valores altos de **índice** gonádico (Figura 8).

Por otro lado durante 1991, en las zonas de Mazatlán (Zona **2**), y Puerto Vallarta, Manzanillo y Barra de Navidad (Zona **3**), la frecuencia de gónadas activas a la reproducción fue mayor que en Cabo San Lucas y La Paz (Zona 1); lo que se refleja en valores promedio del **índice** más altos (Figura 9).

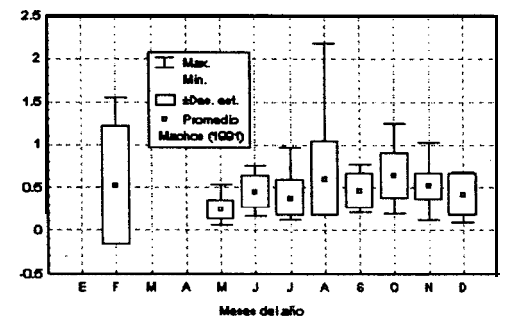
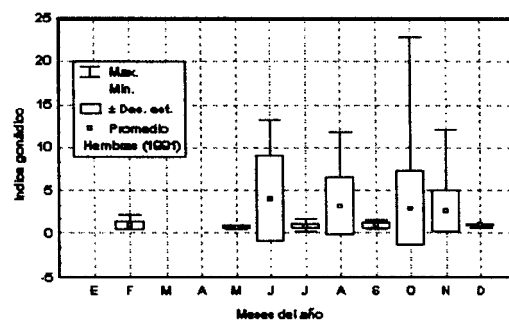
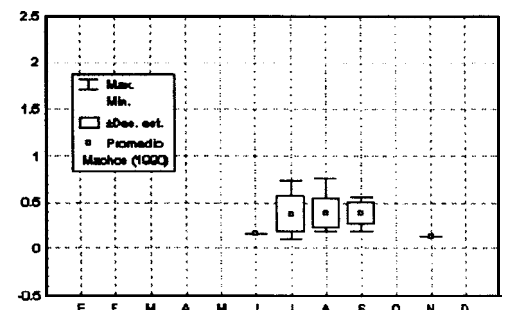
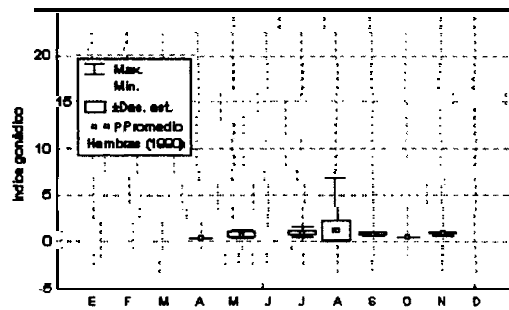
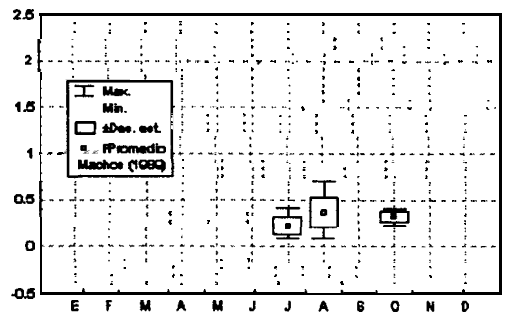
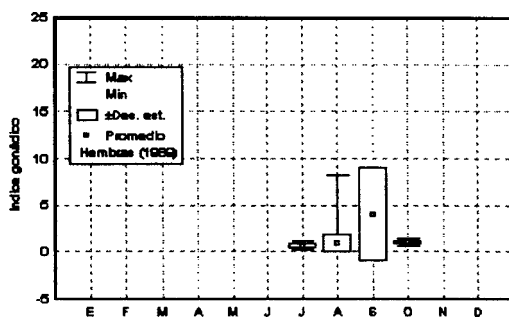


Figura 8.- Variación anual del índice gonádico calculado por sexo.

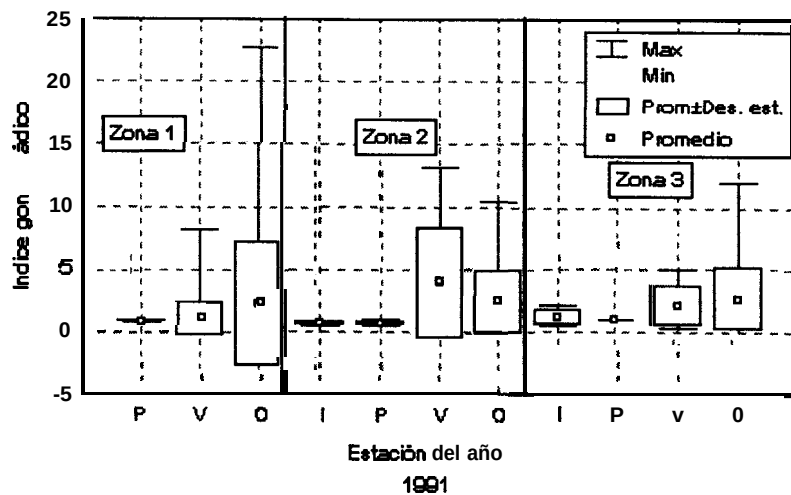


Figura 9.- Variación estacional del índice gonádico por zonas durante 1991 para el pez vela.

c) Escala de madurez,

De acuerdo a las características internas de las gónadas, se determinaron 5 estadios de madurez:

Estadio I.- Inmaduro.

Se observan nidos de ovogonias con alta actividad mitótica. Los ovocitos son inmaduros, están dispuestos densamente, rodeados de abundante tejido conectivo; tienen un núcleo relativamente grande, con **nucleolo** en la periferia y no presentan actividad vitelogénica. (Figura 10). La distribución de diámetros de los ovocitos dentro de la gónada es unimodal y su diámetro promedio es de 63 μm (Figura 16a). La densidad de 80 **células/mm²** es la mayor observada de todos los estadios (Tabla 3).

Estadio II.- Vitelogénesis.

Se observan gránulos de vitelo dentro del citoplasma de los ovocitos (Figura 11). De acuerdo a su cantidad, se puede caracterizar vitelogénesis en etapa inicial, intermedia o avanzada. Los núcleos presentan **nucleolos** en la periferia, mismos que durante la vitelogénesis avanzada no se distinguen. La distribución de diámetros de los ovocitos intraováricos se vuelve

polimodal, con un diámetro promedio de 137 μm (Figura 16b). Dentro de este estadio la densidad fue de 33 **células/mm²** (Tabla 3).

Estadio III.- Hidratados.

Se observan ovocitos hidratados de forma ameboidea, con el contenido celular homogeneizado sin poderse distinguir claramente ningún organelo (Figura 12). También se encuentran ovocitos en todas sus diferentes etapas de crecimiento. La distribución de los ovocitos intraováricos es polimodal y presenta un grupo modal desfasado listo para el desove, representado por los ovocitos hidratados, que alcanzan un diámetro promedio de 681 μm (Figura 16c). En este estadio se observaron los ovocitos de mayor diámetro (714 μm) y la menor densidad (9 **células/mm²**) [Tabla 3].

Estadio IV.- Desovado.

Se observan todos los tipos de ovocitos y además la presencia de folículos **posovulatorios**, recientes y tardíos (Figura 13). El número de ovocitos hidratados es bajo o nulo. La distribución de diámetros de los ovocitos intraováricos no presenta el grupo modal desfasado (Figura 16d). El diámetro promedio es de 159 μm . observándose ovocitos de hasta 652 μm . La densidad de **células/mm²** fue de 20. (Tabla 3).

Estadio V.- Reabsorción.

Se observan ovocitos residuales en diferentes fases de atresias o reabsorción (Figuras 14 y 15). Las atresias se encuentran en **forma** abundante y pueden ser de todos los tipos (α , β , γ y λ ; Hunter et al., 1984). La distribución de los diámetros de ovocitos es unimodal, con un promedio de 79 μm (Figura 16e). La densidad de **células/mm²** fue de 45 (Tabla 3).

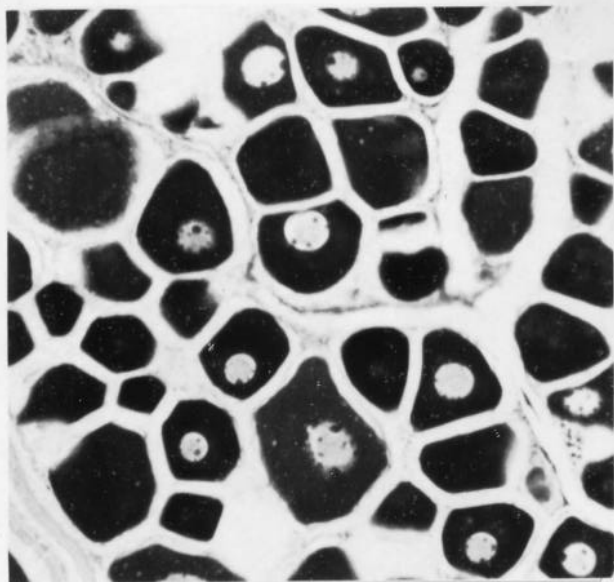


Figura 10.- Estadio de madurez I para pez vela (Inmaduro). Ovocitos sin vitelo dispuestos densamente (100 X).

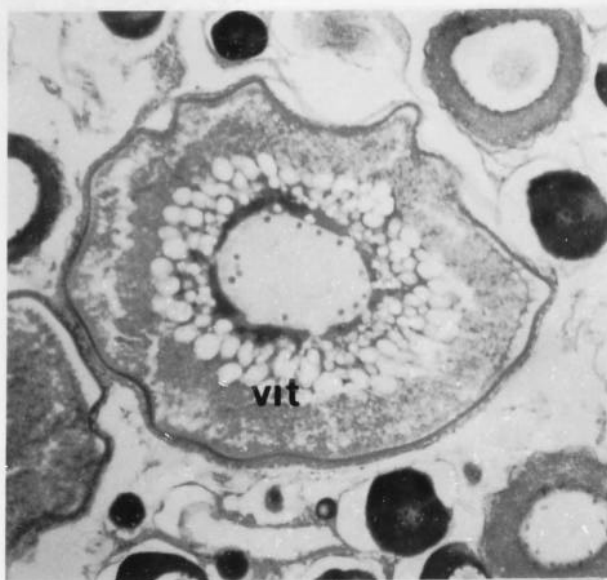


Figura 11.- Estadio de madurez II para pez vela (Vitelogénesis). Ovocito con granulos de vitelo en formación (vit) (100 X).

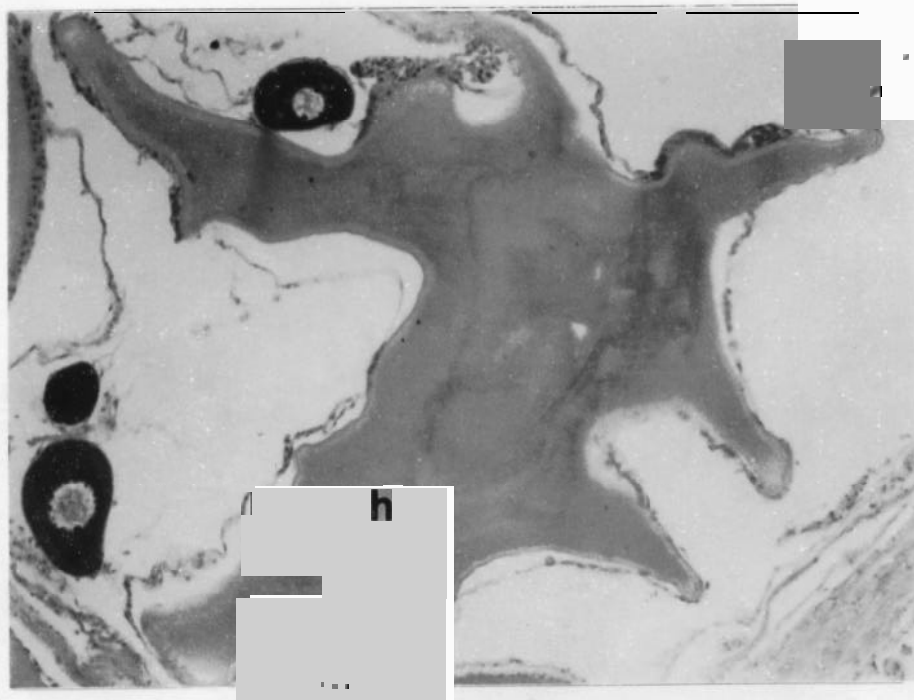


Figura 12.- Estadio de madurez III para pez vela (Hidratado). Ovocito con el contenido celular homogeneizado (h) (100 X).

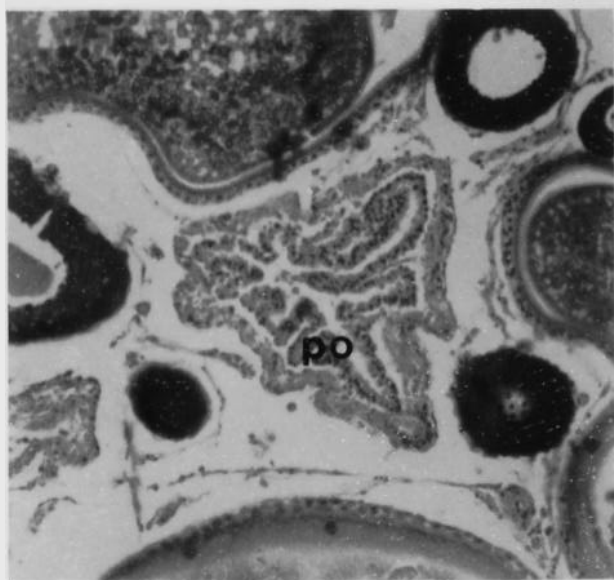


Figura 13.- Estadío de madurez IV para pez vela (Desovado). Folículo posovulatorio reciente (po), entre ovocitos vitelados (100 X).

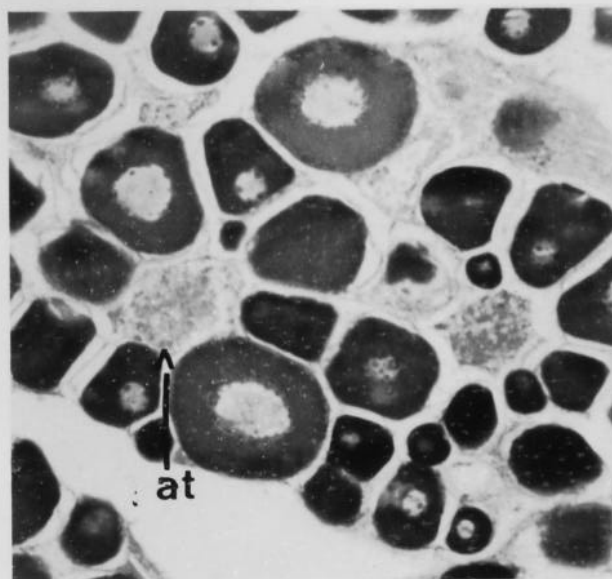


Figura 14.- Estadío de madurez V para pez vela (Reabsorción). Ovocitos sin vitelo en estado de atresia (at) o reabsorción (100 X).

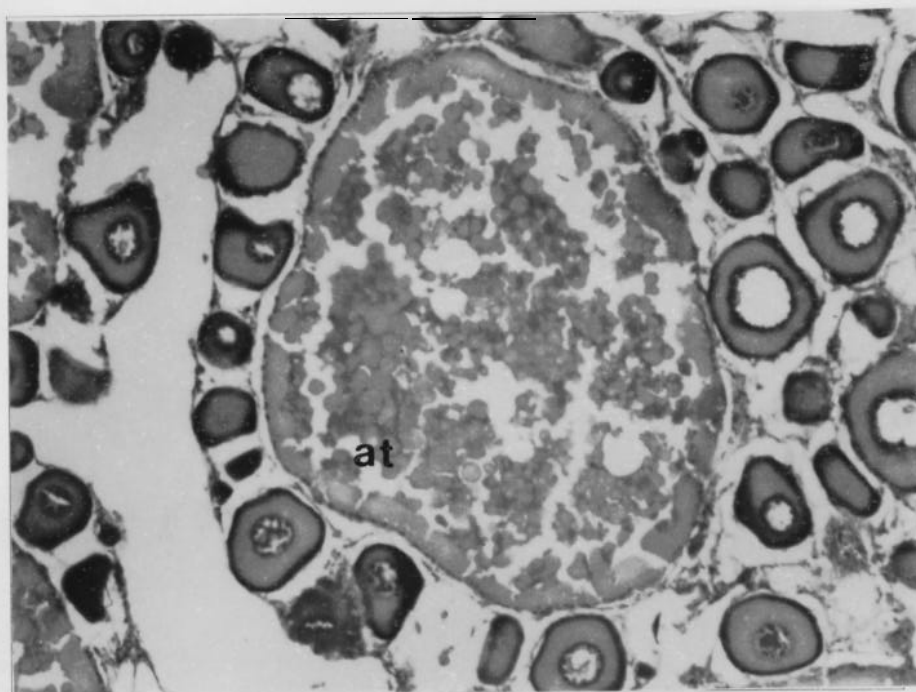


Figura 15.- Estadío de madurez V para pez vela (Reabsorción). Ovocito vitelado en reabsorción (at), típico indicador del fin de la temporada de reproducción (100 X).

El análisis de variancia aplicado a los diámetros promedio de los estadios indica diferencias significativas (Anexo 1). Sin embargo, los promedios de los estadios I y V no fueron significativamente distintos (Tukey **q4,11**; $p > 0.05$), por lo que para diferenciarlos se tomaron en cuenta las estructuras histológicas y la densidad de **células/mm²**.

Por otro lado, el valor promedio estimado para el estadio IV se traslapa con el estimado para el II y III (Tukey **q4,11**; $p > 0.05$), pero los promedios de los estadios II y III no se traslapan (Tukey **q4,11**; $p < 0.05$). La presencia de folículos posovulatorios recientes o tardíos en el estadio IV es la característica determinante para separarlo de los estadios II y III.

Tabla 3.- Densidad y diámetro de los ovocitos intraováricos por estadio del pez vela.

ESTADIO	INTERVALO DE DIAMETROS (μm)	# de ovocitos/mm ²
I- Inmaduro	15 - 141	80
II- Vitelogénesis	15 - 416	33
III- Hidratados	24 - 714	9
IV- Desovado	24 - 652	20
V- Reabsorción	24 - 141	45

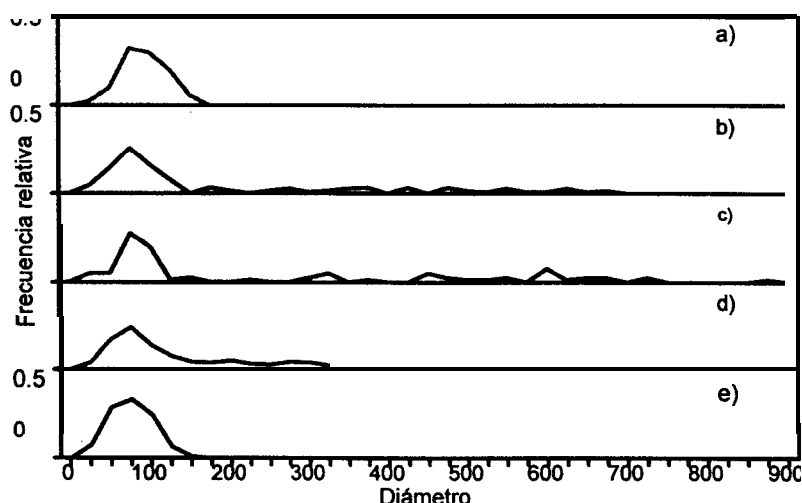


Figura 16.- Distribución de los diámetros intraováricos, separados por estadios de madurez. a) Inmaduro, b) Vitelogénesis, c) Hidratado, d) Desovado y e) reabsorción.

d) Temporada de reproducción.

La temporada de reproducción fue caracterizada por la presencia de hembras con gónadas activas (estadios II, III y IV) y valores altos de **índice** gonádico (la ganancia de peso en la gónada es un reflejo de la ganancia en vitelo dentro de los ovocitos).

En los **años** de 1989 y 1990 se presentaron hembras activas de manera aislada durante el verano. En 1991, aparecen en el verano y se mantienen hasta finales del otoño (Figura 17).

Al analizar por zona geográfica se encontró que en la zona 1 aparecen hembras en reproducción, aunque' de manera poco frecuente, durante el verano. En la zonas 2 y 3, lo hacen de manera frecuente durante el verano y el otoño (Figura 18).

El valor estimado de la talla a la cual el 50% de las hembras alcanzo la madurez calculado por ambos métodos, fue similar y cercano a 175 cm. (Figura 19, Tabla 4), quedando de manifiesto lo práctico que es considerar valores de **índice** gonádico mayores a 3 como indicadores de actividad reproductiva.

Tabla 4.- Valores estimados de la talla de reclutamiento a la reproducción del pez vela.

Porcentaje de hembras maduras	Talla (cm), criterio histología	Talla (cm), criterio índice >3.
2 5 %	168.82	169.58
5 0 %	174.77	174.79
7 5 %	180.72	179.98

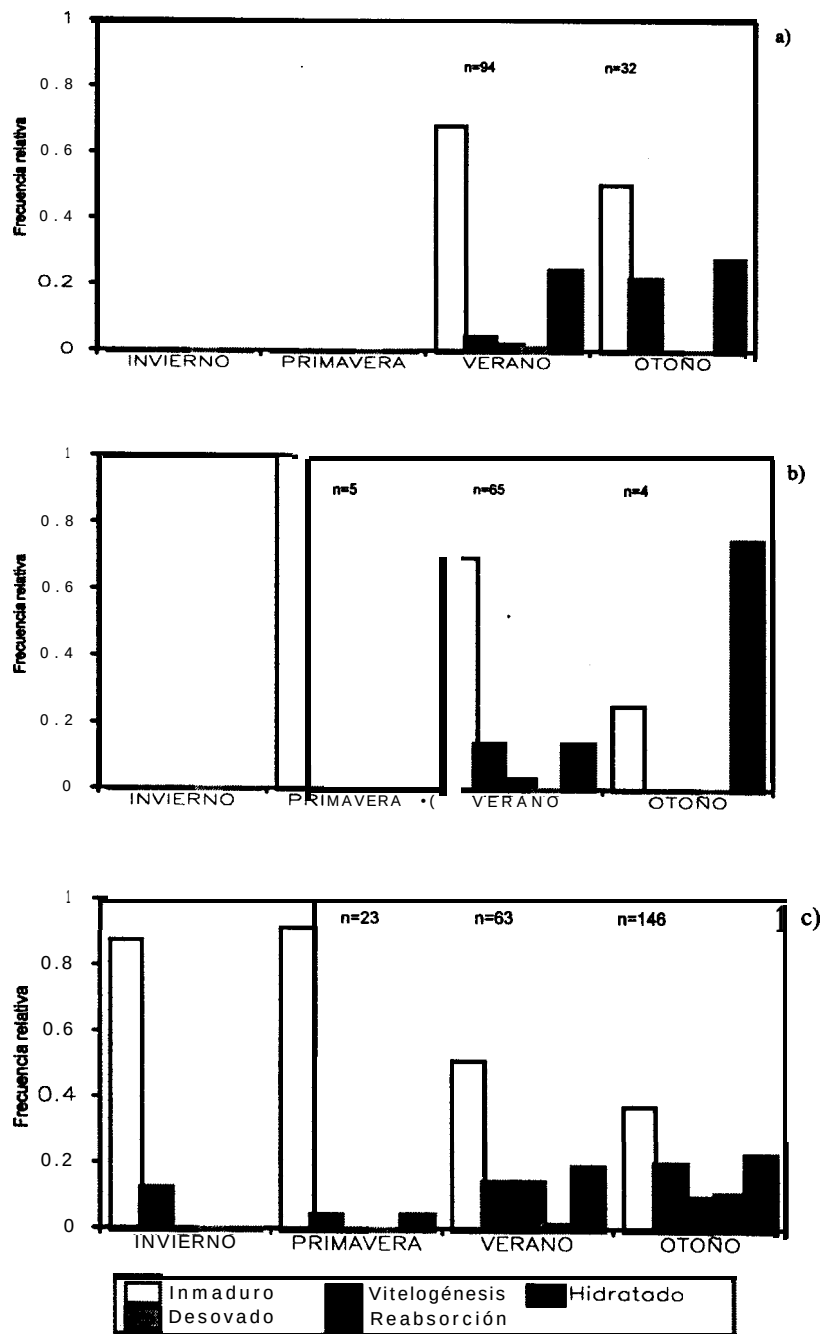


Figura 17.- Variación estacional por año de los estadios de madurez: a) 1989, b) 1990 y c) 1991 (n = núm. de muestras).

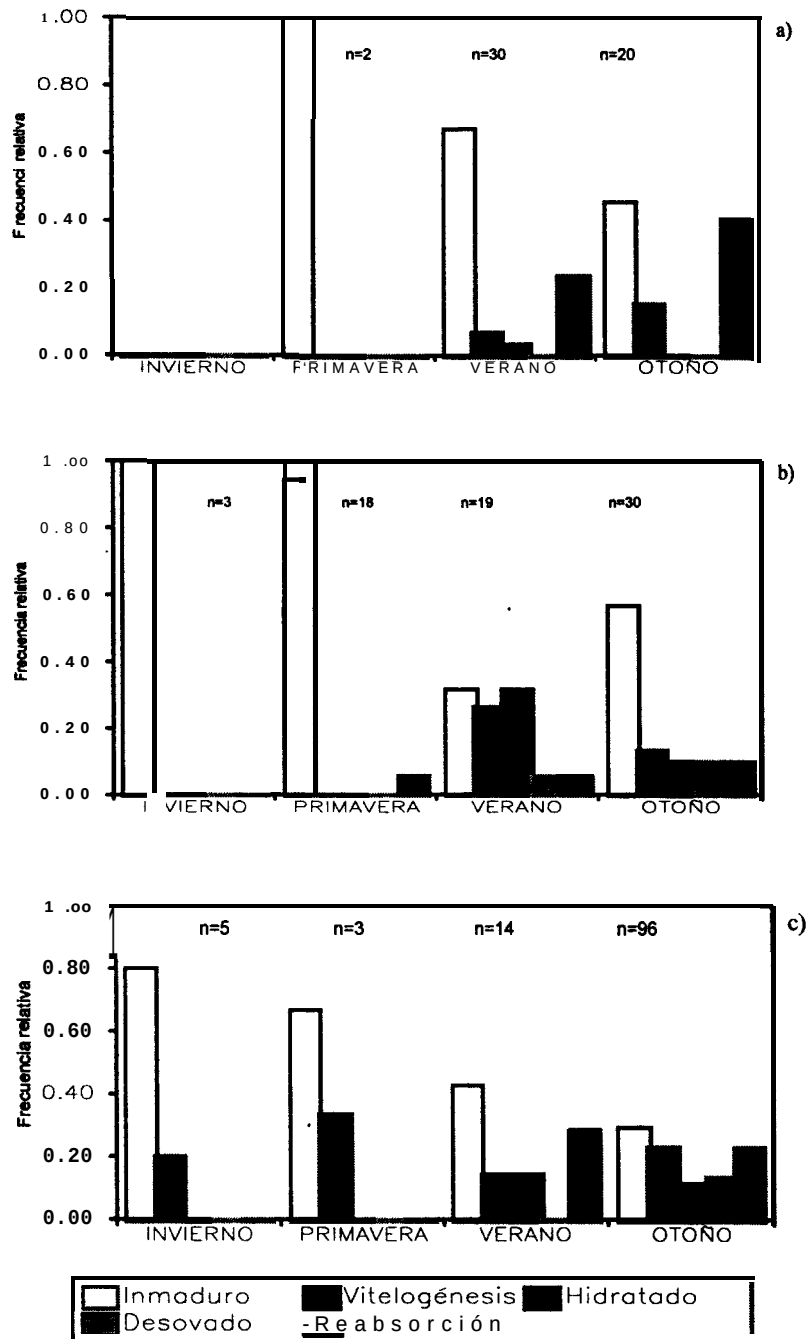


Figura 18.- Variación estacional por zona de los estadios de madurez: a) zona 1, b) zona 2, y c) zona 3 (n = núm. de muestras).

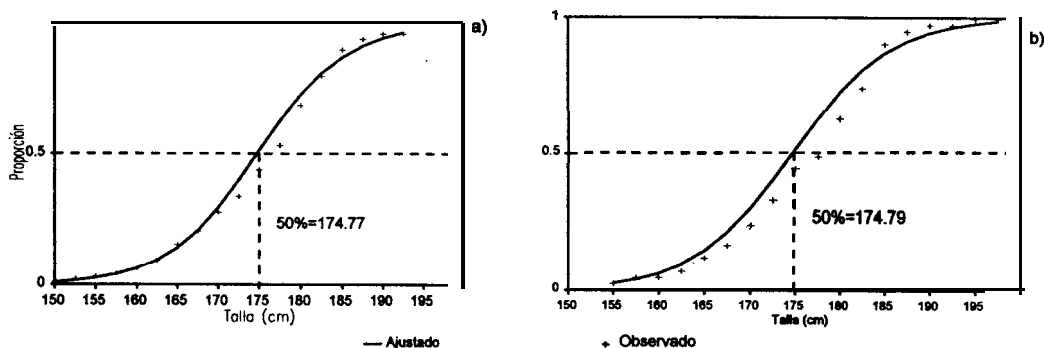


Figura 19.- Ajuste logístico a la proporción acumulada de hembras maduras. a) determinadas histológicamente y b) determinadas de un índice gonádico > 3 .

Cabe considerar que por ser las muestras de la flota de pesca deportiva, en la cual la tendencia es a obtener tallas mayores, es muy posible que la talla de reclutamiento a la reproducción esté sobrestimado.

e) Fecundidad parcial.

El peso de la muestra mínima para conteo y medición de ovocitos fue de 0.05 g (Figura 20). Los resultados del conteo de ovocitos hidratados se presentan en la Tabla 5, observándose mucha variabilidad: de 424,080 a 3'139,215 huevos, con un promedio de 1'672,484.

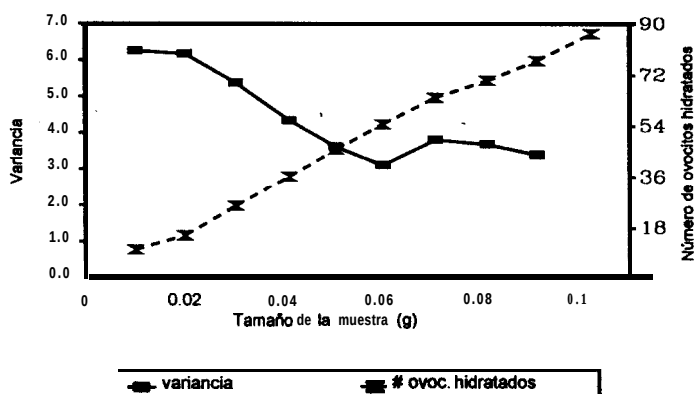


Figura 20.- Cálculo de la muestra mínima por el conteo de ovocitos, para la estimación de la fecundidad parcial.

Tabla 5 .- Valores observados de fecundidad parcial del pez vela.

Año	Localidad*	Peso (kg)	long. ojo-furca (cm)	Peso de Gónada (g)	Diámetro Promedio (µm)	Fecundidad parcial
989	CSL	30	167	2264	1332	1.192.222
	L P	45	187	3675	1306	2.523.255
990	LP	35	184	1069	1317	840,875
		35	182	2410	1105	2,313,600
991	CSL	40	173	3243	1222	2,399,820
	MAZ	33	183	2560	1351	1,348,096
		30	166	3500	1338	2,263,100
		26	155	1350	1198	909.090
		26	172	2700	1248	1,836,000
		23	170	1200	1323	424,080
		27	161	3000	1261	2,179,800
		38	178	5000	1278	1.700.000
		29	182.5	3000	1354	880.200
	BN	33.2	172.5	1445	1184	953,700
		30.8	175.5	1527	1176	1,231,678
	MAN	30	173	1950	1238	1,455,870
		36.7	185	3375	1273	2,452,275
		26.2	163	3150	1298	1.575.000
		26.3	167	2200	1311	2,009,480
		34.5	189.5	3280	1416	1,968,000
		28.5	171.5	1900	1275	1,887,460
		32	171	3225	1177	3.139.215
		36.8	175	3125	1228	2,166,875
	PTV	34	183	1050	1277	489,930

(*) Localidad: CSL - Cabo San Lucas; LP - La Paz; MAZ - Mazatlán; MAN - Manzanillo; PTV - Puerto Vallarta; BN - Barra de Navidad.

A pesar de lo heterogéneo de los valores, se aplicó el análisis de regresión, siendo el modelo lineal el que mejor explicó la variación (Fig. 21). El modelo ajustado fue el siguiente:

$$Y = 61825.4 + 51583.2 (X)$$

donde:

X = Peso total del organismo (Kg)

Y = No. de ovocitos hidratados calculados.

Este ajuste tuvo un coeficiente de correlación de 0.341, mismo que no fue significativamente distinto de cero. Sin embargo, se utilizó para obtener una aproximación de la fecundidad parcial, obteniéndose un valor promedio de 1'684,716 huevos por desove por hembra en 1991 (Tabla 6).

Tabla 6.- Estimación de fecundidad parcial para hembras de pez vela (1991).

Mes	Número de Hembras.	Fecundidad Promedio calculada/mes, (# de ovocitos).
Febrero	8	1,462,949 ± 261,016
Mayo	18	1,918,813 ± 443,650
Junio	8	1,783,408 ± 433,832
Julio	28	1,671,583 ± 356,719
Agosto	26	1,675,977 ± 251,245
Septiembre	5	1,537,099 ± 352,278
Octubre	34	1,682,138 ± 291,786
Noviembre	132	1,795,366 ± 288,283
Diciembre	8	1,635,107 ± 335,289
Fecundidad promedio calculada total.		1,684,716 ± 19,970
Diámetro promedio de los ovocitos		1,265 ± 69.49

El conteo y **medición de todos los ovocitos intraováricos, efectuado para identificar el grupo modal más avanzado**, tanto en hembras maduras como hidratadas muestra hasta cuatro diferentes grupos modales, aunque en las maduras no permite separar claramente los ovocitos próximos a hidratarse (Figura 22), por lo que tampoco se pudo obtener una serie de datos para ajustar algún modelo de regresión.

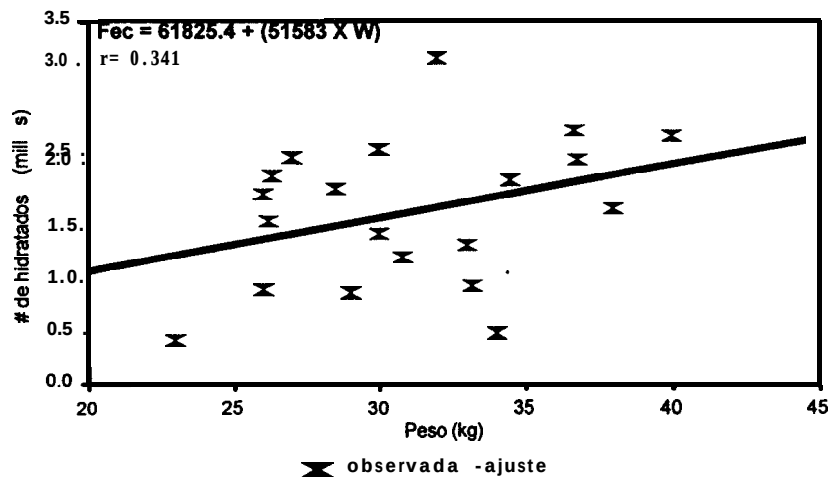


Figura 21.- Ajuste lineal al diagrama de dispersión entre el peso total de las hembras y los valores de fecundidad observada.

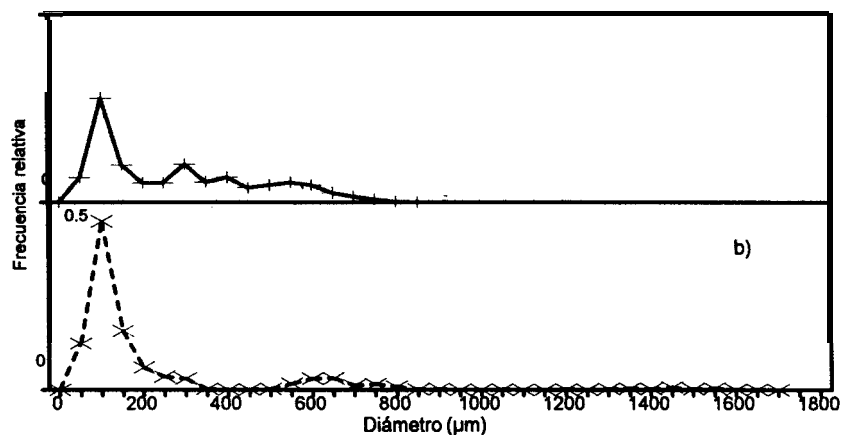


Figura 22.- Comparación de la distribución de ovocitos intraováricos entre: a) hembra madura y b) hembra hidratada.

Al calcular la fecundidad parcial para todas las hembras con el modelo de regresión lineal y considerar la relación con su edad estimada respectiva, se observó que puede existir un aumento en la producción de huevos conforme el individuo aumenta de edad (Figura 23).

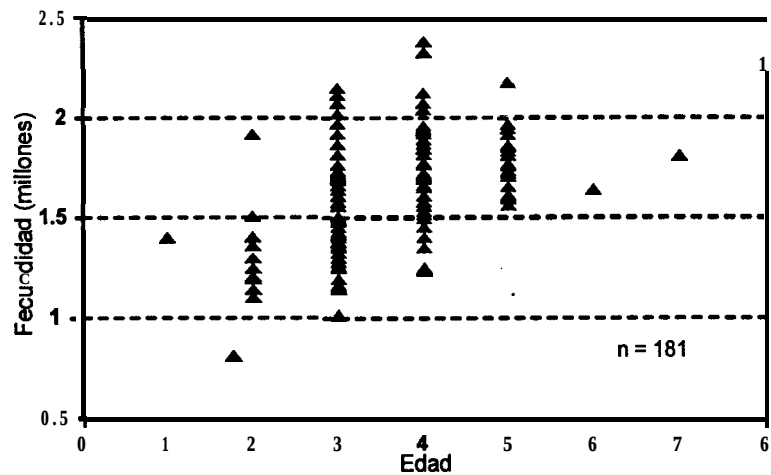


Figura 23.- Diagrama de dispersión de la fecundidad parcial calculada de acuerdo a su edad estimada, para hembras de 1991.

ANALISIS.

En este trabajo se estimaron los **índices** gonádicos para detectar la presencia de hembras maduras. Kume y Joseph (1969b) utilizando la relación del peso de la **gónada** y el cubo de la longitud ojo-furca, estiman para el marlin rayado del Pacífico Oriental que un valor de **índice** mayor a 3 se relaciona con hembras maduras (próximas al desove, en desove o recién desovadas), el cual utilizan posteriormente en todas las especies de peces de pico. Los resultados de este estudio, aunque calculados a partir del peso de la gónada en relación con el peso total del pez, concuerdan con esto y muestran que los valores del **índice** variaron entre 0.07 y 22.8, y para hembras hidratadas próximas al desove, (estadio de madurez **III** hidratadas sin folículos posovulatorios, mismas que se utilizaron **para** la estimación de fecundidad) entre 3.05 y 13.6. Lo anterior lleva a proponer que el uso del **índice** gonádico, aunque práctico, es una medida burda de la madurez, ya que no permite determinar el real grado de desarrollo de la gónada, pero si la presencia de actividad reproductiva. Por lo tanto, su uso es recomendable para determinar la existencia del proceso reproductivo, pero no para estimar su intensidad.

El desarrollo de las técnicas histológicas permitieron observar características histológicas del pez vela en el área de estudio similares a las encontradas por Jolley (1977) en el pez vela del Atlántico. Aunque los criterios de separación y denominación de los estadios es distinta, en este estudio también se caracterizaron 5 estadios de madurez, que en lo general se basan en la presencia y frecuencia de ovocitos en diferentes etapas de desarrollo. Al comparar el pez vela del Atlántico con el del Pacífico se observa coincidencia en el sentido que la mayor actividad intraovárica se da durante los meses cálidos del año.

La estimación de fecundidad parcial para el pez vela en el área de estudio ($1'672,484 \pm 272,688$ huevos por desove) debe considerarse como preliminar, ya que los resultados del análisis de regresión entre el peso del individuo y el número de ovocitos hidratados no fueron estadísticamente significativos. Sin embargo, el valor concuerda con los obtenidos por Jolley (1974, 1977) para el pez vela del Atlántico (750,000 a 1'600,000 huevos por desove) y queda por abajo de los obtenidos por Eldridge y Wares (1974) para el pez vela de la Boca del Golfo de California (1'800,000 a 5'100,000) quienes

utilizan la misma técnica que en este trabajo. El principal problema para este cálculo se refiere al bajo número encontrado de gónadas hidratadas sin folículos posovulatorios, mismas que según Hunter y Macewicz (1984) permiten el conteo sobre un grupo de ovocitos que tienen un grado de madurez similar que solo se presenta unas cuantas horas antes del desove.

La estimación de la fecundidad parcial contando el grupo de ovocitos más desarrollados en hembras maduras no se pudo obtener, porque no en todas se pudo separar claramente ese grupo, probablemente debido a que el proceso de hidratación es muy rápido, como lo indicaría el hecho de que en 37 muestras analizadas no se observaron ovocitos con diámetros entre 0.8 mm (ovocitos maduros, estadio II) y 1.2 mm (ovocitos hidratados, estadio III). Sin embargo, la posible presencia de hasta 4 grupos modales de diámetros de ovocitos permite suponer que en una temporada al menos sucede el mismo número de desoves.

Jolley (1977), consideró que el pez vela de Florida desova en 3 ocasiones y calculó una fecundidad total de 4.8 millones de ovocitos por temporada. Para el pez vela en el área de estudio la fecundidad total sería de 6.4 millones de ovocitos por temporada. Este valor corresponde a una estimación mínima si se considera que Maksimov (1971), citado por Jolley (1977), menciona que el pez vela del Atlántico puede desovar hasta en 12 ocasiones en una temporada. Hunter y Macewicz (1984) demostraron que *Engraulis mordax* presenta un ciclo de producción de gametos que se repite hasta 20 veces en la misma temporada, dependiendo de la reserva de grasas, la disponibilidad de alimento y la presencia de nidos activos de ovogonias; este fenómeno se podría presentar en el pez vela, pero su presencia es difícil de comprobar dadas las condiciones de **muestreo** de la especie.

Según Eldridge y Wares (1974), la fecundidad parcial se relaciona directamente con la talla; en esta tesis esa relación no fue significativa. Sin embargo, el diagrama de dispersión entre fecundidad parcial (calculada para cada hembra) y la edad (utilizando el modelo de crecimiento individual estimado por Alvarado-Castillo (1993)), permite suponer la existencia de una producción diferencial de ovocitos, siendo las edades intermedias entre 3 y 5 años las que producen la mayor cantidad de huevos.

La talla de reclutamiento a la reproducción, aquella en que la proporción acumulada de hembras maduras alcanza el **50%**, se estimó en 175 cm de longitud ojo-furca (al 25% y al 75% las tallas respectivas fueron 169 y 180 cm). Sin embargo, este valor está sobrestimado ya que las muestras provienen exclusivamente de la captura de la flota deportiva, misma que puede considerarse selectiva hacia tallas mayores. En el análisis de las hembras maduras en estadio III (hidratadas sin folículos posovulatorios) se encontró que la más pequeña midió 155 cm. Eldridge y Wares (1974) estimaron para el pez vela del Golfo de California una talla de primera madurez entre 160 y 165 cm.

En general, las hembras fueron más grandes y pesadas que los machos. La proporción de sexos para toda el área de estudio fue cercana a **1:1**, sin embargo, al dividirse por zonas se observaron cambios latitudinales, encontrándose en el Norte un sesgo hacia las hembras, en el Sur hacia los machos y en la región central una proporción alrededor de **1:1**. Lo anterior, puede relacionarse con la existencia de una migración diferencial entre sexos, tal como la reporta Taylor y Murphy (1992) para el pez espada del Atlántico Norte.

Considerando los resultados anteriores, y la presencia y frecuencia de aparición de los diferentes estadios de madurez en cada una de las áreas consideradas en este estudio, se encontró que en la zona 3 (Manzanillo, Barra de Navidad y Puerto Vallarta), la proporción de sexos fue variable a lo largo del año, observándose la predominancia de hembras durante el invierno y primavera; para el verano la proporción alcanzó valores cercanos a **1:1** y durante el **otoño** estuvo sesgada hacia los machos. Durante el invierno y la primavera se presentaron hembras inmaduras (estadios I y II); en el verano se presentaron casi todos los estadios de madurez exceptuando hembras en desove; durante el otoño, se observaron todos los estadios de madurez en una proporción similar, señalando a este periodo como el más importante para la reproducción.

En la zona de Mazatlán la proporción de sexos fue cercana a **1:1** durante todo el año, aunque en verano se observó un sesgo hacia los machos. En invierno y primavera se presentaron hembras inmaduras y en verano y

otoño todos los estadios de madurez, pero aparentemente la mayor actividad reproductiva se presentó en verano.

En la zona de Cabo San Lucas y La Paz, la proporción de sexos siempre estuvo sesgada hacia las hembras. Durante primavera, solo se presentaron hembras inmaduras. En verano, aunque predominaron las inmaduras, se **observó** la presencia de hembras en estadios II (vitelogénesis), III (hidratadas) y V (reabsorción), indicando la ocurrencia de actividad reproductiva. En otoño se presentaron los estadios I, II y V pero aparentemente la reproducción es menor.

En general, para la zona de estudio se observa una amplia temporada de **reproducción**, que comprende **desde** Junio hasta Diciembre, presentándose la mayor actividad entre Agosto y Noviembre. Esto coincide con lo reportado por Eldridge y Wares (1974) para pez vela de la boca del Golfo de California, y es apoyado por la presencia de juveniles en los contenidos estomacales del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Cabo San Lucas, a finales del mes de octubre de 1991 (Aguilar-Palomino et al., en prensa).

La intensidad y la duración de la temporada de reproducción presenta un gradiente Sur a Norte, siendo la zona Sur (Manzanillo, Barra de Navidad, Puerto **Vallarta** y Mazatlán) la de mayor actividad en los meses de verano y otoño. La mayor proporción de machos de pez vela en esta zona puede relacionarse con el éxito de la reproducción, ya que Beardsley et al., (1975) han reportado la presencia de hasta 3 machos acompañando una hembra. En especies afines, los cambios en la **proporción** de sexos dentro de una misma zona también se han asociado con el incremento en la actividad reproductiva (Kume y Joseph, 1969b; **Hopper**, 1990 y Taylor y Murphy, 1992). Por otra parte, la zona Sur es la que registra las mayores capturas deportivas de pez vela en el área de estudio, principalmente durante otoño y principios de invierno. Esto lleva a sugerir la necesidad de estudiar con mayor intensidad el comportamiento del pez vela en esta zona y más al Sur, con referencia a las áreas vedadas para la pesca comercial de picudos.

La predominancia de hembras jóvenes inmaduras (estadio I) en la zona de Cabo San Lucas y La Paz, y el hecho de que en ella la reproducción

esté restringida al verano, permite caracterizarla como la de menor importancia para la reproducción en el área de estudio.

La migración del pez vela en el Pacífico Oriental se ha relacionado con el desplazamiento de la isoterma de los 28°C (Kume Y Joseph, 1969a). Esta isoterma inicia su desplazamiento desde la región frente a Acapulco en el mes de abril, alcanzando la zona de Manzanillo, Puerto **Vallarta** y Barra de Navidad en mayo y posteriormente la zona de Cabo San Lucas y La Paz en julio (Miller, F., Comisión Interamericana del Atún Tropical. Mapas mensuales del análisis de la temperatura superficial del mar. 1987-1989). Los resultados de este trabajo muestran que durante el desplazamiento del pez vela, éste va reproduciéndose, aunque debido a la migración diferencial de sexos, la importancia del fenómeno va disminuyendo ya que las hembras, principalmente jóvenes (de talla menores) son las que alcanzan con mayor frecuencia el área Norte.

La razón de esta migración diferencial de sexos no es clara, pero puede relacionarse con la posibilidad de que las condiciones ambientales para el desarrollo de los juveniles no sean necesariamente las mismas que para los adultos, o con la existencia de diferentes hábitos alimenticios entre hembras y machos, que dan por resultado diferentes áreas de alimentación, como lo reporta Nikolskii (1969) para otros peces.

Taylor y Murphy (1992) para el pez espada, explican que las variaciones temporales en la **proporción** de sexos implica que mientras algunos machos y hembras son residentes de una zona en particular, la mayor parte de hembras se mueven al Atlántico Norte durante el verano, situación que se observa claramente en el Norte. .

Según Hempel (1979), Laevastu y **Hayes** (1981) y Lam (1983), los peces se mantienen en condiciones ambientales óptimas que facilitan su crecimiento, maduración sexual, desove y el éxito de sus larvas; esas condiciones no necesariamente son iguales entre los estadios de huevos, larvas, juveniles y adultos. Blaxter y Hunter (1982) encontraron que las zonas de desove de sardina y anchoveta, en el Pacífico, son extensas y sus límites se contraen o **expanden** de acuerdo a las condiciones ambientales o a la densidad

de la población. Además mencionan que los períodos de reproducción han evolucionado como un mecanismo que sincroniza el desove y la presencia de las larvas, con los períodos óptimos del ciclo anual de producción de plancton, lo que presupone una mayor probabilidad de sobrevivencia. En este sentido es probable que la zona de desove en pez vela sea extensa tendiendo a evitar la competencia **intraespecífica** por los sitios de desove o por el alimento.

En general, los resultados obtenidos, aunque en algunos casos preliminares, permiten una mejor comprensión del comportamiento del pez vela, proporcionando una base más amplia para la implementación de posibles medidas administrativas de la pesquería. Sin embargo, resulta evidente la necesidad de conocer otros aspectos relacionados con las fluctuaciones e interacciones entre poblaciones de especies de. pico.

Joseph y Klawe (1974) proponen que para el manejo de especies migratorias no solo se requiere de la información generada por su presencia en la zona costera de un país, si no que es indispensable contar con aquella que se produce en **áreas** sujetas a una explotación sin control en aguas internacionales, por lo que sugieren que los estudios se realicen con el concurso de organismos internacionales. De cualquier forma, con el fin de conocer mejor la dinámica poblacional tanto de la especie explotada en primer termino como la de sus especies acompañantes, es necesario continuar con la investigación sobre aspectos básicos como la **reproducción**, crecimiento y alimentación, dándoles un seguimiento periódico y ampliándolos en tiempo y espacio.

El determinar el patrón reproductivo del pez vela supone disponer de información a lo largo de su área de **distribución**. En esta tesis los resultados se refieren exclusivamente a la parte del Sur del Golfo de California, área que constituye el límite Norte de la especie en el Pacífico Oriental (Kume y Joseph, 1969b; Howard y Ueyanagi, **1965**), y por lo tanto deben ser analizados en ese contexto. Además, es importante considerar que la flota deportiva opera en áreas cercanas a la costa, por lo que, aún dentro del área de estudio, las muestras obtenidas representarían solo una fracción de la población disponible.

CONCLUSIONES.

Los resultados alcanzados en este trabajo permiten concluir que el pez vela se reproduce en la zona Sur del Golfo de California desde finales de primavera hasta finales de **otoño**, presentando evidencias de variaciones latitudinales en la magnitud de este evento que permiten hipotetizar que sus causas se relacionan con fluctuaciones temporales de las condiciones ambientales "**óptimas**" para la reproducción o la alimentación. El patrón reproductivo descrito puede asociarse con los movimientos migratorios del pez vela, mismos que dependen de condiciones favorables para la especie, indicadas por la presencia de la isoterma de 28°C.

Por otro lado, los resultados permiten ampliar la base de conocimiento necesaria para la evaluación de las medidas administrativas de la pesca del pez vela. Es interesante anotar que la talla de reclutamiento a la reproducción (175 cm de longitud ojo-fuma) permite suponer que los pescados capturados por la flota deportiva tienen una elevada probabilidad de haberse reproducido por lo menos en una ocasión. Sin embargo, la característica de desovador parcial del pez vela y la aparente producción diferencial de gametos de acuerdo a la edad, presupone la necesidad de entender mejor el proceso de reproducción y su relación con la magnitud del reclutamiento de individuos a la pesca deportiva.

Es evidente que dentro del área de estudio, las zonas cercanas a la costa son lugares de desove propicios para el pez vela, quedando pendiente por conocer la porción de la población a la cual no tiene acceso la flota de pesca deportiva en esta área, además de complementar la información con resultados derivados de la pesca **de** la especie en otras zona de su distribución en el Pacífico Oriental. Esto llevaría a **confirmar** o cambiar el concepto del patrón reproductivo descrito.

RECOMENDACIONES.

Considerando la amplia distribución geográfica del pez vela en el Pacífico Oriental y la denominación de recurso altamente migratorio con que la caracterizan algunos autores, resulta evidente la necesidad de continuar la investigación de su biología, ampliando el área de estudio e intensificando la periodicidad del muestreo. Para lograr esto se requiere la intervención de los países **ribereños** que explotan el pez vela y la participación de organismos internacionales.

De cualquier forma, los estudios “locales” sobre la biología y el comportamiento de la especie, contribuyen al conocimiento de su dinámica poblacional, incrementando el sustento científico necesario para la toma de decisiones relativas a la administración racional de la pesquería. Es necesario continuar con la investigación sobre la reproducción, crecimiento y alimentación, y relacionarlos con su comportamiento migratorio.

También cabe considerar que para evaluar con mayor certeza la importancia de cada zona como área de desove, es necesario desarrollar metodologías que permitan conocer el ciclo diario de desove y estimar el número de huevos desovados en una temporada.

BIBLIOGRAFIA CITADA.

- AGUILAR-PALOMINO, B., L.A. ABITIA-CARDENAS, J. DE LA CRUZ-AGÜERO Y J. RODRIGUEZ-ROMERO. En prensa. New **record** of young **Sailfish** *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1792) (OSTEICHTHYES : ISTIOPHORIDAE) in Cabo San Lucas, Baja California Sur, **Mexico**. **Rev. Biol. Trop.**, Vol. 42.
- ALVARADO-CASTILLO, R.M. 1993. **Edad y Crecimiento de *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) (PISCES:ISTIOPHORIDAE) al Sur del Golfo de California**. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional. México. 57 p.
- ANÓNIMO. 1987. **Diario Oficial de la Federación**. México. **28 de Agosto** de 1987.
- ANÓNIMO. 1988. **Situación actual de las principales pesquerías de México**. Secretaria de Pesca. México, D. F. 479 p.
- BEARDSLEY, G.L., JR., N.R. MERRETT, Y W.J. RICHARDS. 1975. Synopsis of the biology of the **sailfish**. *Istiophorus platypterus*. (Shaw y Nodder, 1971). En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium**. Kalíua-Kona, Hawaii, **9-12 August 1972. Part 3. Species synopses**. 95-120 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report **NMFS SSRF-675**.
- BLAXTER, J.H.S. y J.R. HUNTER. 1982. **The Biology of the Clupeoíð Físhes**. **Advances in Marine Biology**. 20:1-223. Academic Press, N.Y.
- BUESA, R.J. 1977. Método basado en la teoría de la información para calcular el tamaño de la muestra de animales marinos. **An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Universidad Nacional Autónoma de México**. 4(1): 99-106.

DAVENPORT, H.A. 1960. **Histological and Histochemical Technics**. W.B. Saunder Company. Philadelphia. 401 p.

ELDRIDGE, M.B. Y P.G. WARES. 1974. **Some** biological observations of **billfish** taken **in** the Eastern **Pacific Ocean** 1967 - 1970. En: R. S. Shomura y F. **Williams** (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium**. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and **Contributed Papers**. 89-101 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.

FRITZSCHE, R.A. 1978. **Development of fishes of the mid Atlanüc bight: an atlas of egg larval and juvenile stages**. Vol. V. **Chaetodontidae through Ophidiidae**. Fish and **Wildlife Service**. U. S. Department of the Interior. Biol. **Serv.** Prog. FWS/OBS-78-12. 340 p.

GONZALEZ-RAMIREZ, P.G. 1988. **Zonas de reproducción del Atún Aleta Amarilla *Thunnus albacares* en el Pacífico Mexicano**. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional. México. 51 p.

GRAY, P. 1958. **Handbook of basic microtechnique**. McGraw-Hill book Company, Inc. 2nd ed. Nueva York. 252 p.

GULLAND, J.A. **1982**. **The** management of tropical multispecies fisheries. En: Pauly, D. y G.I. Murphy. (Eds). **Theory and management of tropical fisheries**. **ICLARM Conference** Proceedings 9, 360 p.

HEMPEL, G. 1979. **Early life history of marine fish: the egg stage**. Washington **Sea** Grant Publication. Seattle. 70 p.

HOPPER, C.N. 1990. Patterns of **Pacific** Blue Marlin Reproduction **in** Hawaiían waters. En: Stroud, R. H. (Ed.) **Planning the future of Billfishes**. Part 2. 29 - 39 p. National Coalition for Marine Conservation, Inc. Savannah, Georgia.

- HOWARD, J.K. y S. UEYANAGI. 1965. **Distribution and relative abundance of billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean.** Univ. Miami. Inst. Mar. Sci. Stud. Trop. Oceanogr. 2, 134 p.
- HUMASON, G.L. 1979. **Animal tissue techniques.** W. H. Freeman and Co., U.S. San Francisco. 560 p.
- HUNTER, J.R. y S.R. GOLDBERG. 1980. Spawning incidence and **batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*.** **Fish. Bull. 77(3): 641-652.**
- HUNTER, J.R., N.C.H. LO y R.J.H. LEONG. 1984. **Batch fecundity in multiple spawning fishes.** En: Lasker R. (Ed.). **An egg production method for estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy *Engraulis mordax*.** NMFS SWFC Administrative Report LJ-84-37.67-77 p.
- HUNTER, J.R. y B.J. MACEWICZ. 1984. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. En: Lasker R. (Ed.). **An egg production method for estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy *Engraulis mordax*.** NMFS SWFC Administrative Report W-84-37.79-94 p.
- HUNTER, J.R., B.J. MACEWICZ, N.C. LO y C.A. KIMBRELL. 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover **Sole *Microstomus pacificus*,** with **an** evaluation of assumptions and **precision.** **Fish. Bull. 90: 101-128.**
- JOLLEY, J.W. JR., 1974. **On the biology of Florida east coast Atlantic sailfish (*Istiophorus platypterus*).** En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 81-88 p.** U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.

- JOLLEY, J.W. JR., 1977. The biology and fishery of Atlantic Sailfish *Istiophorus platypterus*, from Southeast Florida. **Flor. Mar. Res. Publ. (28)** 1-31 p.
- JOSEPH, J. AND J.W. GREENOUGH. 1979. **International management of Tuna, Porpoise and Billfish: Biological, legal and political aspects.** University of Washington Press. Seattle and London. 253 p.
- JOSEPH, J. y W.L. KLAWE. 1974. The living **Pelagic** Resources of the Americas. **Ocean Development and International Law Journal** 2(1): 37-64.
- JOSEPH, J., W.L. KLAWE AND C.J. **ORANGE**, 1974. A review of the long line fishery for billfishes in the Eastern Pacific **Ocean**. En: R. S. Shomura y F. **Williams** (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers.** 309-331 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.
- KUME, S. AND J. JOSEPH. 1969a. The Japanese longline fishery for tunas and **billfishes** in the Eastern Pacific **Ocean**, East of **130°W**, 1964-1966. **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull** 13(2): 277-418.
- KUME, S. AND J. JOSEPH. 1969b. Size composition and sexual maturity of Billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific **Ocean** east of **130°W**. **Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu)** 2:115-162.
- LAEVASTU, T. y M.L. HAYES. 1981. **Fisheries Oceanography and Ecology.** Fishing News Books Ltd. **Farnham.** 199 p.
- LAM, T.J. 1983. Environmental **influences on** gonadal activity in fish. En : **Fish Physiology Vol. IXb.** Academic Press Inc. Orlando, Fl. 65-116p.

- MACIAS-ZAMORA, R. 1993. **Relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano**. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional. México. 71 p.
- MATHER, F.J. III, D.C. TABB, J.M. MASON Jr. y H.L. CLARK. 1974. Results of sailfish tagging in the Western North Atlantic **Ocean**- tagging results since may, 1970. En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium**. Kalíua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 194-210 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.
- McGREGOR, J.S. 1957. Fecundity of the **Pacific** Sardine (*Sardinops caerulea*). Fish. **Bull.** 121(57): 427-449.
- MIYABE, N. y W.H. BAYLIFF. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern **Pacific Ocean**, 1971-1980. **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.** 19 (1): 1-163.
- MORROW, J.E. y S.J. HARBO. 1969. A revision of the **Sailfish** genus *Istiophorus platypterus*. **Copeia**. 1969: 34-44.
- NAKAMURA, I. 1985. FAO, **Species** catalogue Vol. 5 Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfish, **spearfish** and swordfish known to date. **FAO Fish Synop. (125) Vol 5**: 65 p.
- NAKANO, H. y W.H. BAYLIFF. 1992. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern **Pacific Ocean**, 1981-1987. **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.** 20(5): 187-355.
- NIKOLSKII, G.V. 1969. **Theory of Fish Populations Dynamics, as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources**. Oliver and Boyd, LTD. Edinburgh. 323 p.

- ORANGE, C.J. 1961. Spawning of **yellowfin** tuna and skipjack in the Eastern Tropical **Pacific**, as inferred from studies of gonad development. **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.** 5(6):479-525.
- OSUNA-FLORES, I. 1991. **Análisis de la pesquería del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) en el Océano Pacífico Oriental con énfasis en la Zona Económica Exclusiva de México.** Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional. México. 100 p.
- OVCHINNIKOV, V.V. 1966. The effect of oceanographic conditions on distribution of the **Sailfish, *Istiophorus platypterus***, off the west **African coast**. **Oceanology** 6: 566-567.
- SCHAEFER, K.M. 1987. **Reproductive** biology of Black Skipjack ***Euthynnus lineatus***, an Eastern Pacific Tuna. **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull** 19(2): 169-189. p.
- SHINGU, C., P.K. TOMLINSON y C.L. PETERSON. 1974. A review of the Japanese longline **fishery** for tunas and **billfishes** in the Eastern Pacific **Ocean**, 1967-1970. **Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.** 16(2): 67-230.
- SPARRE, P., E. URSIN y S.C. VENEMA. 1989. Introduction to tropical **fish** stock assessment. Part 1 - Manual. **FAO Fish Tech Paper.** 306/1.
- SQUIRE, J.L. 1974. Migration patterns of Istiophoridae in the Pacific **Ocean** as **determined** by Cooperative Tagging Programs. En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers.** 226-237 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.

- SQUIRE, J.L. y D.W.K. **AU**. 1990. Striped Marlin **in** the North East Pacific - A case for local depletion and **core area** management. En: Stroud, R. H. (Ed.) **Planning the future of Billfishes. Part 2. 199 - 214 p.** National Coalition for Marine Conservation, Inc. Savannah, Georgia.
- SQUIRE, J.L. y A.F. **MUHLIA-MELO**. 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**. **NMFS SFSC Administrative Report** LJ-93-06.
- STEEL, R.G.D. y J.H. TORRIE. 1985. **Bioestadística: Principios y procedimientos**. McGraw-Hill 2da Edición. México. 622 p.
- TALIKINA, M.G. 1985. **Histophysiological** study of the liver of Bream *Abramis brama* and **Goldfish** *Carassius auratus gibelio*, **in** the Kurchugan Estuarine cooling **area** of the Moldavian **State** Regional **Electric** Station. **Voprosy Ikhtiologii** 2 : 283-292.
- TAYLOR, R.G. y M.D. MURPHY. 1992. **Reproductive** biology of the Swordfish *Xiphias gladius* **in** the Straits of Florida and adjacent waters. **Fish. Bull.** 90: 809-816.
- TORRES-VILLEGAS, J.R., M.A. REINECKE-REYES y R. **RODRIGUEZ-SANCHEZ**. 1986. Ciclo reproductor de *Sardinops sagax* (Sardina Monterrey) en el Golfo de California. **Inv. Mar. CICIMAR** 3(1):52-68.
- UCHIYAMA, J.H. AND S. SHOMURA. 1974. Maturation and fecundity of swordfish *Xiphias gladius*, from Hawaiian waters. En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 142-148 p.** U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.

- UEYANAGI, S. 1974. A review of the world commercial fisheries for billfishes. En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) **Proceedings of the International Billfish Symposium. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2.** Review and Contributed Papers. 1-11 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.
- WEBER, E.C. y S.R. GOLDBERG. 1986. The sex ratio and gonad indices of Swordfish, *Xiphias gladius*, caught off the coast of southern California in 1978. **Fish. Bull.** 84(1):185-186.
- WILLIAMS, F. 1970. The sport fishery of Sailfish at Malindi, Kenya, 1958 - 1968, with some biological notes. **Bull. Mar. Sci.** 20(4): 830 - 852
- ZAR, J.H. 1984. **Biostatistical Analysis**. 2nd ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 718 p.
- ZURITA-BRITO. H. 1985. **Aspectos biológico pesqueros del Pez Vela (*Istiophorus platypterus*)(Shaw y Nodder, 1791), en la costa de Acapulco, Guerrero, México.** Tesis de Licenciatura en Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero. México. 67 p.

ANEXO 1.

Análisis de los diámetros de los ovocitos intraováricos en los diferentes estadios de madurez.

	Promedio (μm)	des estándar	Mínimo (μm)	Máximo (μm)
Estadio 1	63.70	7.27		
muestra 1	55.15	22.03	15.70	102.05
muestra 2	63.06	23.21	15.70	117.75
muestra 3	72.91	25.11	23.55	141.30
Estadio 2	137.54	35.07		
muestra 1	103.82	72.32	15.70	314.00
muestra 2	185.90	132.97	31.40	400.35
muestra 3	122.91	94.79	23.55	416.05
Estadio 3	243.43	61.68		
muestra 1	321.85	270.56	54.95	714.35
muestra 2	237.31	230.70	23.55	667.25
muestra 3	171.13	184.39	31.40	636.85
Estadio 4	159.53	12.38		
muestra 1	143.81	153.32	23.55	525.95
muestra 2	160.69	199.37	23.55	651.55
muestra 3	174.08	167.76	54.95	620.15
Estadio 5	79.91	2.99		
muestra 1	76.62	22.98	23.55	125.60
muestra 2	79.25	30.61	23.55	141.30
muestra 3	83.87	23.76	47.10	141.30

Análisis de variancia para el diámetro de los ovocitos intraováricos.

Fuente de variación	Sum. de cuadrados	g. l.	Cuad. medio	F	F tablas (99%)
Efectos principales	1277655.5	6	212942.59	26.092	
Muestra	67509.1	2	33754.56	4.136	4.61
Estadio	1230765.8	4	307.691.46	37.702	3.32
Interacción entre fact.	224575.1	8	28071.89	3.44	
Muestra-estadio	224575.1	8	28071.89	3.44	
Residual	5467950.2	670	8161.12		
Total (Corr.)	6970180.9	684			