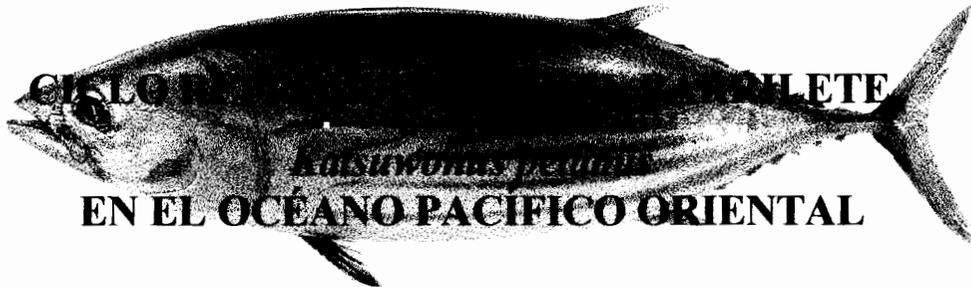




**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE CIENCIAS MARINAS**



TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN:

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA :

BIÓL. PESQ. SALVADOR GRANADOS ALCANTAR

La Paz Baja California Sur, México. Enero del 2002

ÍNDICE.

	Página
GLOSARIO	i
LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. OBJETIVOS	7
5. MATERIAL Y MÉTODOS	8
5.1. Método de Campo.	8
5.2. Método de laboratorio.	10
5.2.1. Tratamiento Histológico.	10
5.2.2. Distribución de tallas y Proporción de sexos.	10
5.2.3. Fases de desarrollo de la gónada.	11
5.2.4. Ciclo reproductivo.	13
5.2.5. Índice gonádico.	14
5.2.6. Factor de condición.	14
5.2.7. Seguimiento del diámetro de los ovocitos.	15
5.2.8. Fecundidad.	15
6. RESULTADOS	17
6.1. Estructura de la población por frecuencia de tallas.	17
6.2. Proporción de sexos.	18
6.3. Estadios reproductivos.	20
6.4. Porcentaje de ocurrencia.	25

6.5.	Ciclo reproductivo.	26
6.5.1.	Ciclo reproductivo de hembras.	26
6.5.2.	Ciclo reproductivo de machos.	27
6.6.	Índice Gonádico.	28
6.6.1.	Índice Gonádico de hembras.	28
6.6.2.	Índice Gonádico de machos.	28
6.7.	Factor de condición.	29
6.7.1.	Factor de condición en hembras.	29
6.7.2.	Factor de condición en machos.	30
6.7.3.	Relación del Factor de condición e Índice gonádico.	30
6.7.3.1.	Relación del Factor de condición e Índice gonádico en hembras. .	30
6.7.3.2.	Relación del Factor de condición e Índice gonádico en machos. ...	31
6.8.	Frecuencia de tallas por estadios reproductivos.	32
6.9.	Diámetro de los ovocitos.	35
6.10.	Fecundidad.	38
7.	DISCUSIÓN.	40
7.1.	Frecuencia de tallas.	40
7.2.	Proporción sexual.	40
7.3.	Fases de desarrollo de las gónadas.	41
7.4.	Ciclo reproductivo.	42
7.5.	Factor de condición.	43
7.6.	Índice Gonádico.	44
7.7.	Diámetro de los ovocitos.	45
7.8.	Fecundidad.	46
8.	CONCLUSIONES.	48
9.	RECOMENDACIONES.	49
10.	LITERATURA CITADA.	50

GLOSARIO

Atresia: Estructura que resulta de la reabsorción de los ovocitos (Nagahama, 1983).

Cohorte de óvulos: Lote o conjunto de ovocitos, los cuales pueden ser diferenciados del resto de los ovocitos por tener ciertos rangos en sus tamaños, presencia o ausencia de gotas de lípidos, vitelo y desarrollo de la zona radiata, los cuales son considerados como un grupo aparte dentro de las gónadas de hembras.

Ciclo gonádico: serie de eventos repetitivos dentro de las gónadas en la que su fin es la producción de gametos (Lender., *et al*).

Ciclo reproductivo: Frecuencia de aparición de las diferentes fases de desarrollo gonádico a través del año en forma cíclica.

Desove: Es la acción mediante la cual las hembras expulsan hacia el exterior sus gametos maduros.

Dioico: Organismos que presentan sexos separados.

Época reproductiva: Periodo del año durante el cual la mayoría de los individuos de una población han alcanzado la madurez de sus gónadas y los gametos se encuentran listos para ser liberados.

Espermatocito: Célula germinal de la estirpe masculina en vías de maduración (Lender *et al.*, 1982).

Espermatogénesis: Proceso biológico mediante el cual se producen espermatozoides (Lender *et al.*, 1982).

Espermatozoides: Gametos masculinos producidos después de una división reductora (a células haploides) de los espermatocitos.

Espermiducto: Conducto genital que forma la vía de paso de los gametos masculinos o espermatozoides (Lender *et al.*, 1982).

Factor de condición: Valor numérico utilizado para comparar las condiciones físicas de los organismos, con base en la talla del mismo y su peso (Rodríguez-Gutiérrez, 1992).

Fecundidad: Es el número de huevos producidos por una hembra durante un año. (Wootton, 1979).

Folículo: Conductos que convergen en un punto en común para llevar los gametos al exterior.

Folículo postovulatorio: Membranas externas que rodean al ovocito y permanecen como residuo después de que el ovocito ha sido liberado (Houillon, 1978).

Gónada : Órgano en el que tiene lugar el desarrollo de las células reproductoras o gametos (Lender *et al.*, 1982).

Índice gonádico: Valor numérico que expresa el peso de la gónada en relación a la longitud del pez (Rodríguez, 1992).

Madurez optima: Periodo en el cual las gónadas de las hembras alcanzan su máximo desarrollo y se considera que esta próxima a desovar.

Ovario: Glándula genital femenina en la que tiene lugar la ovogénesis (Lender *et al.*, 1982).

Oviducto: Conducto por el que circulan los óvulos desde el ovario.

Ovocito: Célula sexual femenina en fase de crecimiento y que experimenta la meiosis (Lender *et al.*, 1982).

Proporción sexual: La relación de hembras y machos en un grupo de organismos (Ceballos-Vázquez, 1993).

Tejido conjuntivo: Tejido de origen mesodermal el cual provee de soporte estructural y metabólico para otros tejidos y órganos a través del cuerpo.

Testículo: Órgano reproductor masculino de los animales; produce los espermatozoides (Lender *et al.*, 1982).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Proporción sexual mensual de *Katsuwonus pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Tabla 2.- Frecuencia relativa de machos y hembras por clase de talla de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Tabla 3.- Valor Promedio mensual y desviación estándar del índice gonádico en hembras de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Tabla 4.- Valor Promedio mensual y desviación estándar del índice gonádico en machos de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Tabla 5.- Valor promedio mensual y desviación estándar del factor de condición en hembras de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Tabla 6.- Valor promedio mensual y desviación estándar del factor de condición en machos de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Tabla 7.- Valores promedio, desviación estándar del diámetro de los ovocitos de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Tabla 8.- Valores de la fecundidad parcial de las hembras de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Área de estudio, las marcas muestran los lugares de captura.

Figura 2.- Vista lateral de *Katsuwonus pelamis*.

Figura 3.- Distribución de frecuencia de intervalo de tallas (longitud furcal) de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 4. Abundancia de abril de 1996 a mayo de 1997 de machos y hembras de *K. pelamis* presentes en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 5. Fases de desarrollo del ovario de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 6. Fases de desarrollo del testículo de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 7. Porcentaje de ocurrencia de los estadios por mes de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 8. Ciclo reproductivo en hembras de *K. pelamis* de 1996 a 1997.

Figura 9. Ciclo reproductivo en machos de *K. Pelamis* de 1996 a 1997

Figura 10. Índice Gonádico de hembras de abril de 1996 a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 11. Índice Gonádico de machos de abril de 1996 a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 12. Frecuencia de tallas por estadio de los meses de abril de 1996 a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 13. Valores promedio, desviaciones estándar y error estándar del diámetro de los ovocitos de abril de 1996 a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 14. Distribución de frecuencias del diámetro promedio de los meses de enero a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Figura 15. Fecundidad parcial de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

RESUMEN

El barrilete *Katsuwonus pelamis* constituye una parte importante de las pesquerías costeras y oceánicas de numerosos países. La captura de la flota mexicana esta dirigida al atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), sin embargo la captura del barrilete ha tenido una tendencia ascendente en los últimos años. A la fecha, no se conoce el ciclo reproductivo del barrilete en el Océano Pacífico Oriental, por lo que el presente trabajo aborda este tema. Los muestreos se llevaron a cabo durante 1996 y 1997 en tres procesadoras de atún localizadas en el Puerto de Pichilingue, Puerto San Carlos y Puerto de Mazatlán. Se recolectaron treinta organismos por mes, los ejemplares se pesaron en una balanza con precisión de un gramo, se midieron en un ictiómetro con precisión de un centímetro, se extrajeron las gónadas y se obtuvo el peso en una balanza granataria con precisión de 0.1 g. Se analizaron 315 organismos en el periodo comprendido de abril de 1996 a mayo de 1997. La longitud furcal promedio para hembras fue de 55.5 cm y para machos 52 cm con desviaciones estándar de 4.6 y 6.7 respectivamente los pesos promedio para hembras fueron de 3.9 kg y para machos de 4.2 kg con desviaciones estándar de 3.5 y 4.8 respectivamente. Se calcularon el factor de condición y el índice gonádico. Estos muestran una relación inversa a excepción de marzo donde el factor de condición aumenta coincidiendo con el valor más alto del índice gonádico. Para el análisis histológico se utilizaron 265 organismos. Se determinaron cinco fases de desarrollo gonadal para hembras y machos, los resultados del análisis histológico coinciden con los valores del índice gonádico. El ciclo reproductivo quedo definido de la siguiente manera: de abril a noviembre se presentó la época de reposo y de enero a mayo la época de madurez optima, aunque en los meses analizados no se encontraron organismos con folículos postovulatorios, se estima que la época de reproducción más probable se presenta de enero a mayo. La proporción de sexos es cercana a 1:1 ya que para hembras se obtuvo 57.7% y para machos es de 49.2%. La fecundidad parcial se realizo mediante el método gravimétrico, las hembras tuvieron una longitud furcal promedio de 55.5 cm encontrando para una hembra de 55.5 cm de longitud furcal promedio y un peso promedio de 3.9 kg y una fecundidad promedio de 313,089 huevos, la fecundidad relativa promedio fue de 75 ovocitos por gramo de peso. Se midió el diámetro de los ovocitos el cual mostró una tendencia similar a la gráfica del índice gonádico, encontrando diámetros de 28.65 micras de en los meses de abril a noviembre de 1996 hasta ovocitos vitelogénicos de 506 micras de diámetro en el mes de enero de 1997.

ABSTRACT

The skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) is a member of the tuna family Scombridae. The skipjack is an important species of coastal and oceanic of México and other countries. The principal target species of Mexican tuna fleet is the yellowfin tuna *Thunnus albacares*, though in recent years the catch of *K. pelamis* has increased. To date, the reproductive cycle of skipjack tuna is unknown in the eastern Pacific Ocean, therefore the objective of this study was determined this. Sampling of the commercial catch was done in 1996-1997 at canneries in Puerto Pichilingue, and Puerto San Carlos in Baja California Sur, and Puerto de Mazatlán in Sinaloa, Mexico. Thirteen samples were collected each month. The animals were weighed and body measurements taken. The gonads were removed and weighed and then fixed in formalin. Three hundred fifteen animals were analyzed from the April 1996 to May 1997. The size distribution was 37 cm to 71 cm. The Condition Factor and Gonadal Index were calculated. These two factors had an inverse relationship. For histological analysis, 265 organism were used. Five states of gonadal development were found for females and males which coincided with the calculated gonadal index. The reproductive cycle was determined. April to november was the resting season maturity developing January to May although animals with postovulatory follicles were not found in every sample during the reproductive season from January to May. The sex ratio was about 1:1. Partial fecundity was analyzed by gravimetric methods. For females averaging of 55 cm furcal length and 4 kg total weight, the average fecundity was calculated to be 330,000 eggs, The average diameter of ovocytes was proportional to the gonadal index .

1. INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Scombridae, constituyen una parte importante de las pesquerías costeras y oceánicas de numerosos países. Son especies cosmopolitas, presentes en las aguas oceánicas templadas y tropicales de todos los océanos del mundo, siendo el único grupo de peces que soporta grandes pesquerías (Anónimo, 1979). Son peces de alto valor en el mercado mundial, por la calidad de su carne y por estar entre las especies que más se capturan en el mundo (Joseph *et al.*, 1988).

El barrilete *Katsuwonus pelamis*, es la especie más importante en el grupo de los atunes pequeños de las pesquerías internacionales (Báez-Hidalgo y da Costa, 1984). De los túnidos, el barrilete es la especie de mayor captura en el mundo, siendo ésta de 1,561,000 toneladas métricas durante 1996, de las cuales más del 70% provino del Océano Pacífico, donde el Pacífico Occidental y Central son los mayores aportadores (CIAT, 1998).

En el Océano Pacífico su distribución esta limitada por las isotermas de los 15° C, en tanto que su reproducción se restringe a las isotermas de los 25° C, latitudinalmente su distribución en el Océano Pacífico Occidental se encuentra entre 45° N y 45° S y en el Pacífico Oriental entre 30° N y 30° S (Matsumoto *et al.*, 1984).

Con base en estudios de mercado, distribución de larvas, índices gonádicos distribución de tallas y predicciones de capturas, se ha planteado la hipótesis de que una gran cantidad de barrilete capturado en el noroeste de México, se origina en la parte ecuatorial del Pacífico Central, y que una gran cantidad de pre-reclutas (menores a 35 cm) se mueve hacia el Este entrando a la pesquería de Baja California (Rothschild, 1965).

Durante primavera-verano, *K. pelamis* está presente a lo largo de la costa occidental de Baja California y en otoño-invierno entre Cabo San Lucas, B.C.S. y las Islas Revillagigedo (Forsberg, 1988). Por lo tanto está disponible para la flota atunera mexicana durante todo el año.

Aunque la especie objetivo de la flota mexicana, es el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), la captura del barrilete (*K. pelamis*) ha tenido una tendencia ascendente en los últimos años, contribuyendo en los tres últimos años con un porcentaje promedio de 11.3%, con respecto al total de la captura obtenida de los túnidos (CIAT, 1993). Sin embargo, a pesar de su importancia económica, se desconocen muchos aspectos de su biología reproductiva tanto por su amplia distribución como por sus migraciones.

En este contexto en el presente trabajo se realizó el estudio de caracterizar las fases de desarrollo gonádico por medio de histología, se determinó la época más probable de reproducción, se calculó el factor de condición e índice gonádico, se estimó el diámetro de los ovocitos y se calculó la fecundidad parcial y relativa con el fin de aportar elementos para calcular la biomasa pesquera potencial en el Océano Pacífico Oriental.

2. ANTECEDENTES

La mayor parte de los trabajos de investigación en *Katswonus pelamis* tratan aspectos de su captura, crecimiento y alimentación. Algunos trabajos de su biología se han llevado a cabo en el Océano Atlántico, Océano Indico, Océano Pacífico Occidental, Central y Oriental.

ASPECTOS SEXUALES

El barrilete normalmente es dioico, sin embargo, se han registrado algunos casos de hermafroditismo (Nakamura, 1935; Uchida, 1961; Raju, 1964a; Thomas y Raju, 1964).

En el Océano Pacífico Central en las Islas Marshall, (Marr, 1948) registró barriletes de 40 cm de longitud furcal con ovarios desovados. (Wade, 1950) reportó peces entre los 40 a 40.9 cm de longitud total con ovarios maduros y desovados en el Océano Pacífico Occidental en aguas cercanas a las costas de Filipinas. (Brock, 1954) encontró peces pequeños de 40 a 45 cm de longitud furcal que poseían madurez ovárica en la temporada de desove en el Océano Pacífico Central, en aguas de Hawaii. En el Océano Pacífico Oriental, (Schaefer y Orange, 1956), estimaron que el tamaño mínimo de madurez en los alrededores de las Islas Revillagigedo y fuera de la costa de Baja California fue de 55 cm de longitud furcal y (Matsumoto *et al.*, 1984) encontraron que cerca de América Central es de 50 cm.

ÉPOCAS Y ÁREAS DE DESOVE

La posibilidad de que el barrilete desove más de una vez, durante una estación, reproductiva, ya ha sido discutida por varios autores (Brock, 1954) afirmó que la distribución polimodal del diámetro de ovocitos, indica que desova parcialmente, asimismo concluyó que el barrilete cerca de Hawaii tiene varios periodos de desove durante la estación reproductiva. (Buñag, 1956), determinó desoves múltiples mediante el seguimiento de las modas del diámetro de los ovocitos a través de varias etapas de desarrollo. (Raju, 1964b), determinó desoves múltiples en el Océano Indico, satisfaciendo las siguientes cuatro líneas de evidencias utilizadas por (Clark, 1934). 1). - Presencia de

modas múltiples del diámetro de los ovocitos a través del tiempo, 2). - Obtención de una alta correlación en la progresión de modas sucesivas 3).- Presencia de ovocitos atrésicos en ovarios maduros 4). - Una cantidad menor de ovocitos hidratados en el grupo que está maduro y el grupo que empieza la maduración.

En el Océano Pacífico Oriental (Orange, 1961) determinó áreas de desove del barrilete *Katsuwonus pelamis* y de atun aleta amarilla (*Thunnus albacares*), (Montolio y Juárez, 1976) estimaron la población en desove del barrilete en el Caribe Occidental basándose en muestreos de huevos y larvas, (Matsumoto *et al.*, 1984) estimaron que el barrilete en aguas de Hawaii desova por lo menos dos veces durante el año, a finales de abril o principios de mayo y en julio o principios de agosto. El primer desove ocurre después de dos meses de desarrollo de la gónada a partir del estado inmaduro a maduro (abril) seguido de un periodo de inactividad de las gónadas.

FECUNDIDAD

En el Océano Pacífico se han realizado estimaciones de fecundidad en varios estudios. En el Pacífico Occidental (Yabe, 1954) observó en cinco barriletes que el número de huevos producido por esta especie aumentó con el tamaño del pez, y que peces entre 46.8 y 61.0 cm produjeron entre 113,364 y 859,897 huevos. (Raju, 1964b) a través del análisis de la fecundidad de 63 barriletes con una longitud entre 41.8 a 70.3 cm, encontró que el número de huevos de la moda más avanzada, variaba entre 151,900 y 1,977,900 en el Océano Indico. (Yoshida, 1964) al estimar la fecundidad de cuatro barriletes con una longitud entre 43 a 74 cm capturados en las Islas Marquesas encontró una producción entre 100,000 y 2,000,000 de huevos.

Diversos estudios han comprobado que la fecundidad en hembras es bastante variable con relación al área geográfica y la longitud furcal del organismo, por ejemplo un barrilete de 65.9 cm capturado frente a las costas de Baja California, tuvo una fecundidad fue de 600,000 ovocitos, mientras que otro barrilete de la misma longitud pero capturado frente a las costas de América Central produjo 340,000 ovocitos (Joseph, 1963). (Báez-Hidalgo y Bequer, 1994) estimaron la fecundidad de *K. pelamis* en el Océano Atlántico Occidental, encontrando valores promedio de 260,000 ovocitos para hembras de 57 cm de longitud furcal.

ÍNDICE GONÁDICO

El índice gonádico (IG) es un procedimiento relativamente rápido para medir los grados de madurez sexual en comparación con la dificultad de medir el diámetro de los ovocitos. La precisión del índice sin embargo, ha sido criticada por (Yoshida, 1964), quien encontró que a valores del índice entre 30 a 40 existe una relación positiva con la madurez gonadal pero a valores más altos no es un indicador preciso. El índice está sesgado con relación a la longitud de los organismos, debido a que en hembras grandes, el desarrollo de los ovarios no es proporcional al peso del cuerpo; contrario a lo que sucede en hembras pequeñas (De Vlaming, 1982).

(Matsumoto *et al.*, 1984) concluyeron que el IG no parece ser una medida válida para evaluar la madurez en el barrilete debido a que el intervalo de valores del IG es amplio en el mismo estadio de desarrollo. (Scheafer, 1987), sugiere que el IG debe ser validado con histología y medidas del diámetro de los ovocitos y ajustado para el tamaño individual y de esta manera puede ser utilizado para interpretar correctamente la actividad reproductiva.

JUSTIFICACIÓN

A la fecha, no se conoce el ciclo reproductivo del barrilete en el área de estudio, en 1995 la Comisión Interamericana del Atún Tropical, inició estudios a nivel histológico de la reproducción del barrilete, a partir de organismos recolectados en las plantas enlatadoras, donde la hipótesis a comprobar es que el área del Océano Pacífico Oriental no es una zona significativa de desove. Los resultados encontrados muestran que en áreas con temperaturas superficiales de 25 °C o cercanos a este valor sí se lleva a cabo la reproducción. Dado que la investigación a la fecha no es concluyente y tomando en cuenta que el recurso está disponible a la flota mexicana durante casi todo el año, particularmente en el noroeste de México, se considera que la información que provenga de sus capturas es idónea para determinar aspectos biológicos de su reproducción.

Debido a lo anterior el presente trabajo pretende contribuir al conocimiento del ciclo gonádico de *Katsuwonus pelamis* en el Océano Pacífico Oriental, aportando con ello información de referencia y de apoyo a investigaciones posteriores acerca del tema.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer y analizar la biología reproductiva del barrilete *Katsuwonus pelamis*, con el fin de aportar elementos biológicos de un recurso poco conocido en el Océano Pacífico Oriental.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la proporción de sexos mensual y por distribución de tallas.
- Caracterizar las fases de desarrollo en las gónadas de machos y hembras de *K. pelamis*, durante un ciclo anual.
- Determinar la temporalidad de las fases de desarrollo de la gónada.
- Determinar las variaciones del factor de condición en relación con la época de reproducción.
- Determinar las variaciones del índices gonádico y su relación con la época de reproducción de la especie.
- Estimar el diámetro de los ovocitos durante el ciclo reproductivo.
- Estimar la fecundidad parcial.
- Estimar la fecundidad relativa.

5. METODOLOGÍA

5.1. COLECTA DE MUESTRAS

Los muestreos se llevaron a cabo mensualmente de abril de 1996 a mayo de 1997, en las plantas procesadoras de atún: Productos pesqueros de La Paz, S.A. de C.V., Conservera San Carlos S.A. de C.V., y Pescados Industrializados S.A. de C.V., ubicadas en los puertos de Pichilingue y San Carlos B.C.S. y Mazatlán Sin.

Con la información de la etiqueta de las tinas (nombre del barco, número de bodega y fecha de descarga), y a través de la bitácora de pesca del barco se localizó la zona donde fueron capturados los organismos muestreados y la fecha en la que se realizó este lance. La ubicación de los lances quedó definida en dos zonas (Fig. 1).

El trabajo en la planta consistió en la recolecta de 30 organismos congelados extraídos aleatoriamente de las tinas de almacenamiento. De cada organismo se registró su peso en una balanza con precisión de 1 g y la longitud furcal con un ictiómetro con precisión de 1 cm (Fig. 2), se le extrajeron las gónadas y se colocaron en bolsas de plástico con formol al 10% para evitar cambios postmortem. Las bolsas fueron previamente etiquetadas con la fecha, lugar de recolecta y número de organismo.

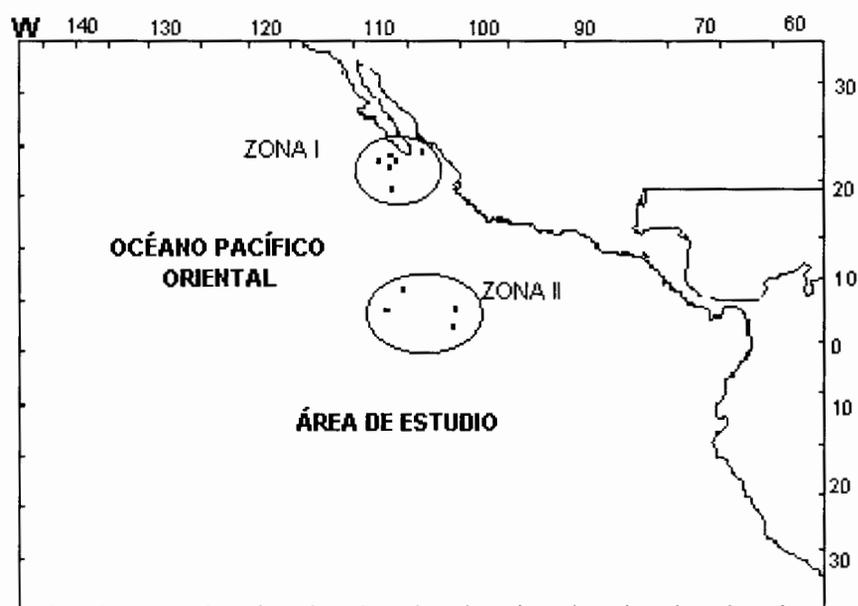


Figura 1. Área de estudio, las marcas muestran los lugares de captura.

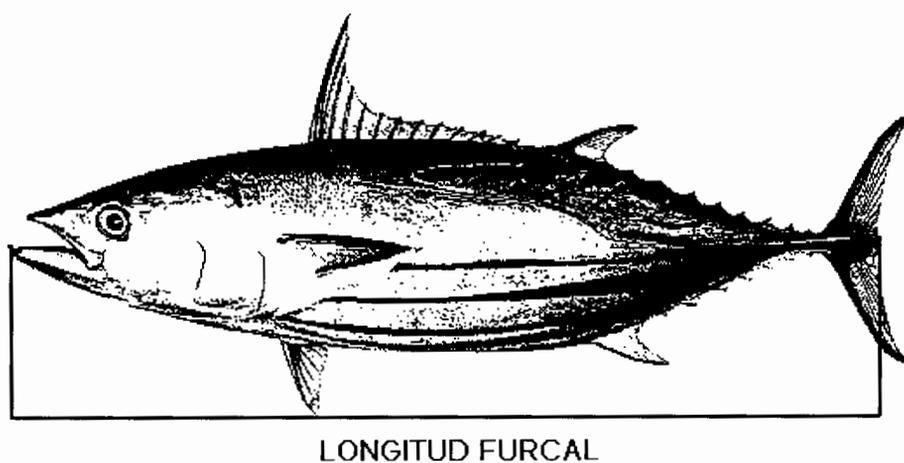


Figura 2. Vista lateral de *Katsuwonus pelamis*.

5.2. MÉTODO DE LABORATORIO

5.2.1. TRATAMIENTO HISTOLÓGICO

Se procesó una porción de cada gónada aplicando la técnica histológica descrita por (Humason, 1979). Las gónadas se deshidrataron en alcoholes de concentraciones de 80%, 96% y 100%. Posteriormente se aclararon en una mezcla de alcohol-tolueno, tolueno-parafina a una concentración 1:1 volumen/volumen, se incluyeron en parafina y se realizaron 4 cortes seriados a 7µm de grosor utilizando un microtomo de rotación (Marca American Optical Mod. 820). Los cortes se tiñeron con hematoxilina-eosina y se montaron con resina sintética.

5.2.2. DISTRIBUCIÓN DE TALLAS Y PROPORCIÓN DE SEXOS

La distribución de tallas se estimó con las medidas de la longitud furcal de cada uno de los organismos analizados. Se establecieron 7 clases de talla con intervalos de 4 cm.

Se determinó el sexo de cada uno de los organismos por medio de la observación microscópica del tejido gonadal. La proporción de sexos se analizó mensualmente y se obtuvo dividiendo el número total de hembras entre el número total de los machos.

Para determinar si existía diferencia de 1:1 en la proporción de sexos por mes, en el total y por clases de talla, se hicieron pruebas de hipótesis, asumiendo que la distribución muestral es aproximadamente normal, de acuerdo con el teorema de límite central. Se analizó bajo la hipótesis nula de que existe una proporción 1:1. Utilizando el estadístico de prueba de χ^2 .

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde :

O = La proporción de hembras o machos observada

E = La proporción de hembras o machos esperada

La regla de decisión se realizó con una confianza del 95%, no aceptando la hipótesis cuando el valor de χ^2 calculado fuera mayor de 3.86, para la proporción sexual por mes y por longitud furcal (Sokal y Rohlf, 1979).

5.2.3. FASES DE DESARROLLO DE LA GÓNADA

HEMBRAS

La caracterización de los estadios del ciclo gonádico de hembras se realizó tomando en cuenta el diámetro de los ovocitos, presencia y desarrollo de vitelo, basándose en los estadios establecidos por (Báez-Hidalgo y da Costa, 1984) así como el porcentaje de presencia de tejido conjuntivo, este se calculó por medio de una cuadrícula en el ocular del microscopio y objetivo de 5x.

Estadio I

Los ovocitos tienen forma poliédrica, citoplasma con fuerte basofilia, núcleos esféricos poco coloreados, se observan nucleolos que se sitúan en la periferia del núcleo a medida que este crece. Su tamaño queda comprendido entre 55 - 219 μm de diámetro con una media de 137 μm .

Estadio II

Los ovocitos cuentan con forma redondeada, núcleo grande y a su alrededor aparecen vesículas vitelínicas que no se tiñen, citoplasma granuloso con menor basofilia que el anterior estadio, aumenta el número de nucleolos que permanecen en la periferia del núcleo. Su tamaño queda comprendido entre 110 - 274 μm de diámetro con una media de 192 μm .

Estadio III

Los ovocitos aumentan notablemente de tamaño. El núcleo es esférico. El citoplasma presenta una basofilia poco acentuada. Aparecen las primeras gotas de vitelo y las gotas lipídicas. Los ovocitos en esta fase están rodeados de una membrana de células foliculares de doble estructura, y su tamaño queda comprendido entre 164 - 315 μm de diámetro con una media de 239 μm .

Estadio IV

En el citoplasma se observa la formación y maduración de los gránulos de vitelo. En este estadio avanzado se observan glóbulos lipídicos voluminosos. La membrana nuclear comienza a desintegrarse. El tamaño del ovocito queda comprendido entre 274 - 493 μm de diámetro con una media de 383 μm .

Estadio V

El núcleo es irregular ya que pierde sus límites. Se observan varias gotas de vitelo alrededor del núcleo que se fusionan a medida que éste migra al extremo del ovocito hasta quedar una gran gota de vitelo y glóbulos lipídicos cercanos al núcleo excéntrico. Los gránulos de vitelo continúan fusionándose, la membrana folicular se separa del ovocito. Su tamaño queda comprendido entre 342 - 507 μm de diámetro con una media de 424 μm .

MACHOS

Para los machos se basó en la escala propuesta por (Ratty *et al.*, 1989) para el atún albacora *Thunnus alalunga*, que se describe a continuación.

Estadio I. Sin esperma presente

Se observa el tejido testicular sin espermatozoides

Estadio II. Inmadura

Se caracteriza porque los túbulos espermatogénicos presentan poca actividad espermatogénica.

Estadio III. Intermedia

Presencia de espermatozoides en el tejido testicular pero no en el túbulo principal.

Estadio IV. Madura

Muchos espermatozoides se encuentran en más porciones del tejido testicular y en el túbulo colector.

Estadio V. Totalmente madura

Muchos espermatozoides se encuentran en todo el tejido testicular y en el túbulo colector.

5.2.4. CICLO REPRODUCTIVO

El ciclo reproductivo se determinó con la frecuencia relativa de las diferentes fases de desarrollo de la gónada por mes, considerando como época de reproducción el periodo en el cual se presentó la madurez máxima.

5.2.5. FACTOR DE CONDICIÓN.

Este índice está basado en la relación que guarda la longitud furcal del pez con su peso. Explica fundamentalmente la condición física que guarda el organismo en relación con el cambio en la talla o peso durante su vida. Esta puede ser grande o pequeña, progresiva o cíclica relacionada directamente con su crecimiento y/o madurez sexual. Para el cálculo del factor de condición, se empleó el factor de condición de Fulton (Nikolsky, 1963) mediante la siguiente relación:

$$Q=(P \times 100)/L^3$$

donde:

Q= es el factor de condición

P = es el peso total del pez

L= es la longitud furcal

5.2.6. ÍNDICE GONÁDICO

El índice gonádico es una manera cuantitativa de estimar el ciclo gonádico en una especie, el cual se ve complementado con la técnica histológica, en donde se observan las etapas del ciclo gonádico de una manera cualitativa. Los valores máximos de este índice indican que el organismo está maduro, cuando va seguido de un descenso, este último representa el desove. Las líneas que suben hacia los valores más altos indican gametogénesis y las líneas que son más o menos continuas por periodos largos, representan a los organismos en reposo.

El índice gonádico se calculó dividiendo el peso de la gónada entre la longitud furcal elevada al cubo y multiplicada por 10^9 , lo cual ha sido utilizado para *K. pelamis* (Schaefer y Orange, 1956; Yoshida, 1966; Batts 1972),

Para apreciar la tendencia de los valores del índice a lo largo del año. Se graficaron, la media, la desviación estándar, error estándar, por mes y por sexo.

5.2.7. SEGUIMIENTO DEL DIÁMETRO DE LOS OVOCITOS

La estimación del diámetro de los ovocitos se realizó de acuerdo al método de Grant y Tyler (1983), se revisaron cinco preparaciones histológicas por mes, correspondiendo a una hembra por preparación, en cada una de las preparaciones se midió el diámetro de 100 ovocitos seccionados a través del núcleo, seleccionados al azar. Para la medición se empleó un ocular con micrómetro.

Para la separación de modas se utilizó el método de Bhattacharya (Sparre y Venema, 1992), el cual es un método para separar cohortes o grupos de edad en análisis pesqueros. Funciona dividiendo una distribución compuesta en sus correspondientes distribuciones normales, cuando una misma muestra incluya varios grupos o cohortes.

5.2.8. FECUNDIDAD

Las gónadas que se emplearon para la estimación de la fecundidad se tomaron a partir del análisis histológico, seleccionando las que presentaron la fase de madurez máxima (Fase V), considerando a las gónadas que tuvieran el 1.3% de ovocitos en la fase V, según el criterio utilizado por Báez-Hidalgo y da Costa (1984).

La fecundidad parcial se calculó de acuerdo al procedimiento descrito por Hunter y Leong (1984), como no se encontraron ovocitos hidratados se calculó a partir de la última moda de la distribución polimodal del diámetro de los ovocitos intraováricos, en donde se supone que el grupo desfasado más avanzado representa el próximo desove.

Se pesaron 3 muestras de aproximadamente 50 mg por gónada siguiendo el criterio de Goldberg y Au (1986) en las cuales se contabilizaron el número total de ovocitos del grupo desfasado más avanzado con un microscopio estereoscopio, se promedió el valor de las tres muestras, para después dicho valor extrapolarlo al peso total de la gónada y así obtener una estimación de fecundidad para cada hembra.

La fecundidad relativa se obtuvo como el número de huevos por gramo de peso corporal de la hembra.

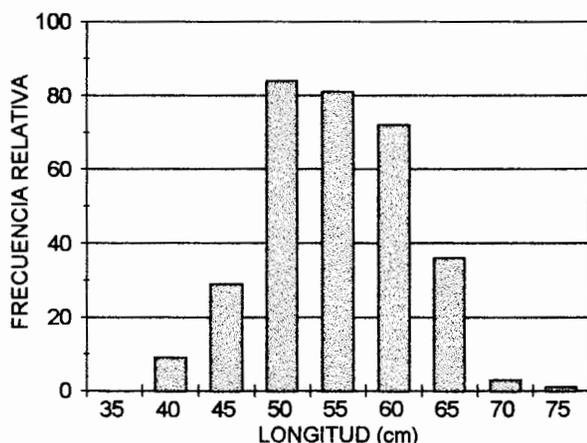
Se obtuvieron las relaciones longitud furcal - fecundidad, cuyo ajuste se hizo mediante un modelo potencial, en tanto que los coeficientes del modelo se obtuvieron por el método de mínimos cuadrados.

6. RESULTADOS

Durante un ciclo anual de muestreo de abril de 1996 a mayo de 1997, se obtuvieron muestras en 11 meses, debido a que en 3 meses no descargaron barrilete en las plantas procesadoras de atún. Se analizaron 315 organismos, de los cuales solo fue posible asignarle el sexo mediante análisis histológico a 280, ya que el resto de los organismos no estaban preservados adecuadamente.

6.1. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN POR FRECUENCIA DE TALLAS

La distribución de tallas de la muestra de *K. pelamis*, se presentó en el intervalo de 36.5 a 71 cm. La talla promedio fue de 52.4 cm de longitud furcal, en tanto que la moda se registró a los 50 cm de longitud furcal (Fig. 3). Los organismos más pequeños (36.5 cm) se recolectaron durante los meses de agosto y septiembre y los más grandes (71 cm) en noviembre.



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 I. V. I. C.
 B. P. M.
 DOMINICO

Figura 3. - Distribución de frecuencia de intervalo de tallas (longitud furcal) de *Katsuwonus pelamis* en el Océano Pacífico Oriental

Las áreas de pesca, en las que se realizaron los lances son dos. La primera en aguas cercanas a la parte sur de La Península de Baja California, la boca del Golfo de California y las Islas Mariás; la segunda, en aguas cercanas a la Isla Clipperton. (Fig. 1).

6.2. PROPORCIÓN SEXUAL

Se observó una ligera predominancia de machos sobre las hembras con un 51.43% y un 48.57% respectivamente.

La proporción sexual por mes para hembras presentó los valores más altos en octubre y noviembre de 1996 y los valores más bajos en diciembre de 1996 y enero de 1997, en el caso de los machos la frecuencia fue menor que en las hembras, los valores más altos se registraron en agosto de 1996 y los más bajos en marzo de 1997 (Fig. 4).

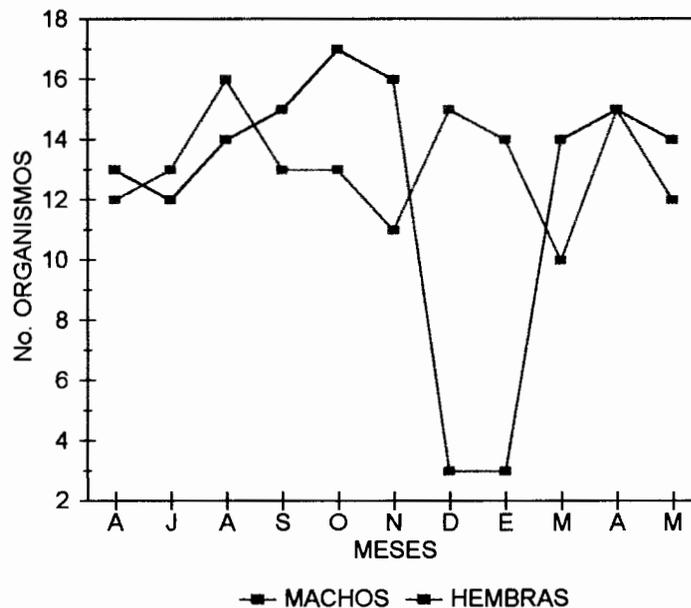


Figura 4. Frecuencia mensual de machos y hembras de *K. pelamis* de abril de 1996 a mayo de 1997 en el Océano Pacífico Oriental.

En la tabla 1 se muestran las frecuencias absolutas de hembras y machos por mes, el correspondiente valor de χ^2 así como la proporción de sexos. En este estudio, en el análisis de la proporción de sexos por mes, no se encontraron diferencias significativas

con un 95% de confianza, a excepción de los meses de noviembre, diciembre y enero, donde se obtienen diferencias altamente significativas (tabla 1).

MES	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL	χ^2	PROPORCIÓN
ABRIL	12	13	25	0.04	1M:1.08 H
JUNIO	13	12	25	0.04	1M:0.90 H
AGOSTO	16	14	30	0.12	1M:0.87 H
SEPTIEMBRE	13	15	28	0.12	1M:1.15 H
OCTUBRE	13	17	30	0.52	1M:1.30 H
NOVIEMBRE	11	16	27	9.20	1M:1.45 H *
DICIEMBRE	15	3	18	8.00	1M:5.00 H *
ENERO	14	3	17	7.00	1M:4.00 H *
MARZO	10	14	24	0.66	1M:1.40 H
ABRIL	15	15	30	0.00	1M:1.00 H
MAYO	12	14	26	0.14	1M:1.16 H
TOTAL	144	136	280	0.22	1M:1.00 H

TABLA 1. Proporción sexual mensual de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental. El asterisco (*), indica diferencia significativa.

Respecto a la proporción de sexos por clase de talla, se observa que a tallas mayores de 61 cm de longitud furcal, los machos fueron ligeramente más abundantes que las hembras, sin embargo no se encontraron diferencias significativas a 95% de confianza mas que en las tallas de 41a 45 cm de longitud furcal (tabla 2).

LONGITUD (cm)	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL	χ^2
36 – 40	4	5	9	1.00
41 – 45	4	10	14	2.56 *
46 – 50	25	23	48	0.08
51 – 55	43	36	79	0.62
56 – 60	39	40	79	0.01
61 – 65	22	18	40	0.04
66 – 71	7	4	11	0.80
TOTAL	144	136	280	0.01

Tabla 2. Frecuencia absoluta de machos y hembras por clase de talla de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.3. FASES DE DESARROLLO

El barrilete *Katsuwonus pelamis* presenta las mismas características de las células sexuales que los demás teleósteos, a partir del desarrollo de éstas y de acuerdo a los resultados del presente trabajo, se modificó el criterio utilizado por Báez-Hidalgo y da Costa (1984) para clasificar las gónadas de hembras, y para los machos la escala propuesta por Ratty *et al.* (1989), de tal manera que se obtuvieron cinco fases de desarrollo gonadal para cada sexo que se describen abajo.

HEMBRAS

Para las hembras se determinaron 5 fases de desarrollo del ovario las cuales se describen a continuación (Fig. 5):

Estadio I (Reposo).

Se observa la presencia de tejido conectivo en un 20%, solo se aprecian ovocitos previtelogénicos, tienen forma irregular con núcleo pequeño y redondo, nucleolos pequeños, el citoplasma fuertemente teñido por la hematoxilina y los ovocitos de menor desarrollo están en la periferia de las lamelas ovígeras (Fig. 5a).

Estadio II (Desarrollo).

Se caracteriza por la presencia de un 20 % de ovocitos que están iniciando la vitelogénesis, núcleo grande y en la periferia se observa vesículas de vitelo, el resto de los ovocitos se encuentran en previtelogénesis, la afinidad por el colorante hematoxilina es menor, el tejido conectivo se reduce a un 10% (Fig. 5b).

Estadio III (Madurez inicial).

Se observan ovocitos vitelogénicos en un 40%, su forma es semirredonda, el núcleo está rodeado por gránulos de vitelo que no se tiñen, con presencia de la membrana de la zona radiada, tejido conectivo escaso 1% (Fig. 5c).

Estadio IV (Madurez avanzada).

Se aprecian ovocitos con gránulos de vitelo de mayor tamaño, la zona folicular es evidente, y su presencia es de 35%. El tejido conectivo es menor al 1% (Fig. 5d).

Estadio V (Madurez máxima).

Los ovocitos se aprecian morfológicamente maduros, la zona folicular es evidente, la forma del núcleo es irregular, se observan inclusiones de vitelo en la mayor parte del ovocito, no es evidente el tejido conjuntivo (Fig. 5e).

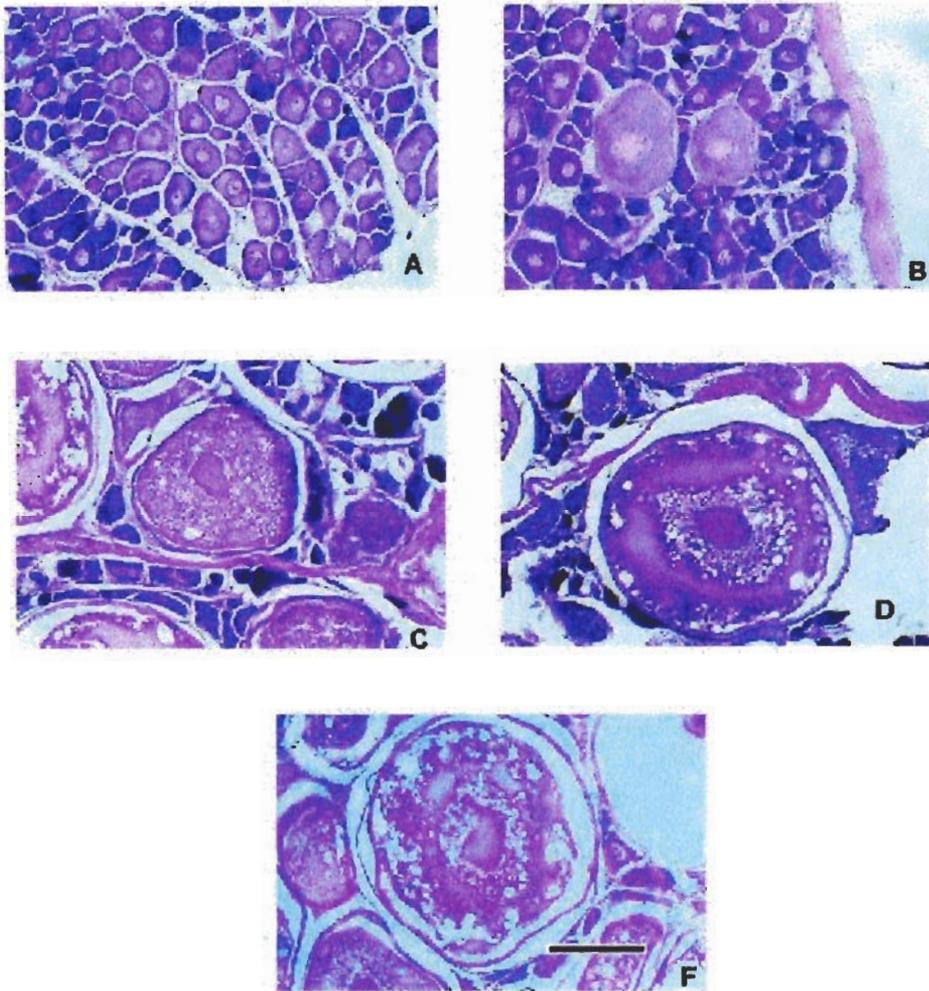


Figura 5. Fases de desarrollo del ovario. A) Fase I (Reposo). B) Fase II (Desarrollo). C) Fase III (Madurez inicial). D) Fase IV (Madurez avanzada). y E) Fase V (Madurez máxima). Barra = a 180 μm .

MACHOS

En el caso de los machos se determinaron 5 fases de desarrollo (Fig.6).

Estadio I (Reposo).

No hay presencia de espermatozoides, el tejido testicular tiene una apariencia compacta (Fig. 6a).

Estadio II (Desarrollo).

Se observan los túbulos con actividad incipiente de espermatogénesis y vascularizado, el túbulo colector comienza a aumentar de diámetro (Fig. 6b).

Estadio III (Madurez).

Los túbulos espermatogénicos se observan llenos de espermatozoides, escasa actividad espermatogénica (Fig. 6c).

Estadio IV (Eyaculada).

Se aprecian espacios vacíos. Los espermatozoides se encuentran hacia los túbulos colectores en la parte dorsal del testículo. Se presenta escasa actividad espermatogénica (Fig. 6d).

Estadio V (Posteyaculada).

Túbulos espermatogénicos y colectores presentan espermatozoides residuales, se observa gran cantidad de espacios vacíos (Fig. 6e).

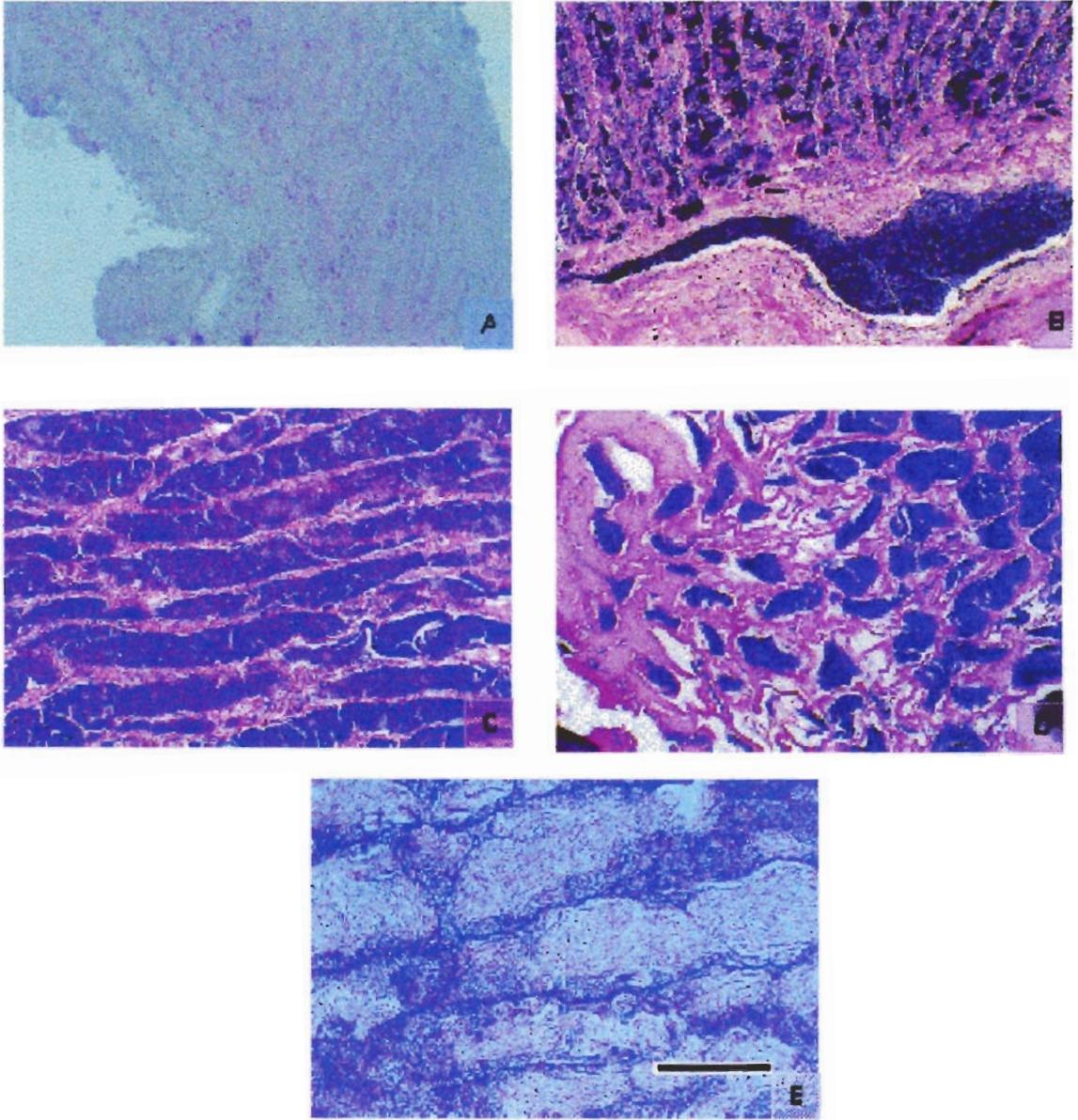


Figura 6. Fases de desarrollo del testículo. A) Reposo. B) En desarrollo. C) Madura. D) Eyaculada. E) Posteyaculada. Barra = 180 μm .

6.4. PORCENTAJE DE OCURRENCIA, DE LAS FASES DE DESARROLLO DE LAS GÓNADAS DE *K. Pelamis*, EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

De acuerdo con el porcentaje de ocurrencia, para ambos sexos por estadio, se observó, que el estadio I, presentó los valores más altos durante los meses de abril a septiembre, disminuyendo desde octubre de 1996 a mayo de 1997, mientras que en el estadio II presentó dos picos principales en los meses de octubre y noviembre, reduciéndose para los meses de diciembre de 1996 a mayo de 1997. El estadio III se presentó en los meses de diciembre de 1996 a mayo de 1997, los valores más altos ocurrieron en los meses de diciembre de 1996, marzo y abril de 1997. El estadio IV fue registrado de diciembre a mayo con valor porcentual mayor en el mes de enero de 1997. Finalmente para el estadio V su presencia fue similar a los estadios III y IV su porcentaje de ocurrencia bajo, teniendo su valor principal en abril (Fig. 7).

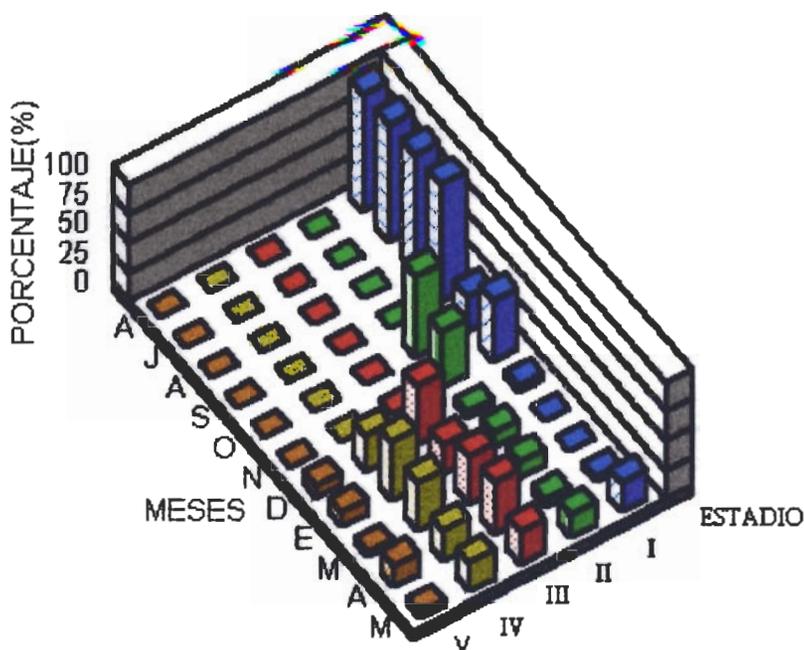


Figura 7. Porcentaje de ocurrencia de los estadios por mes de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.5. CICLO REPRODUCTIVO

6.5.1 Ciclo reproductivo de hembras .

Durante el periodo de estudio la fase I (reposo) se presentó en todos los meses excepto en marzo, de abril a septiembre de 1996 el 100% de las hembras estuvieron en esta fase. La fase II (desarrollo), presentó la mayor frecuencia de octubre a enero (65%) con el máximo en octubre y frecuencias bajas en marzo y mayo de 1997. Los organismos en la fase III (madurez inicial) se registraron de marzo a mayo con la mayor frecuencia en marzo (40%). Las gónadas clasificadas en fase IV (madurez avanzada) se encontraron de enero a mayo, con una frecuencia del 40% en marzo. Los organismos clasificados en la fase V (madurez máxima) se detectaron únicamente en los meses de enero y abril con mayor frecuencia, en abril con un 38%, no se encontraron folículos postovulatorios ni atresias evidentes (Fig. 8).

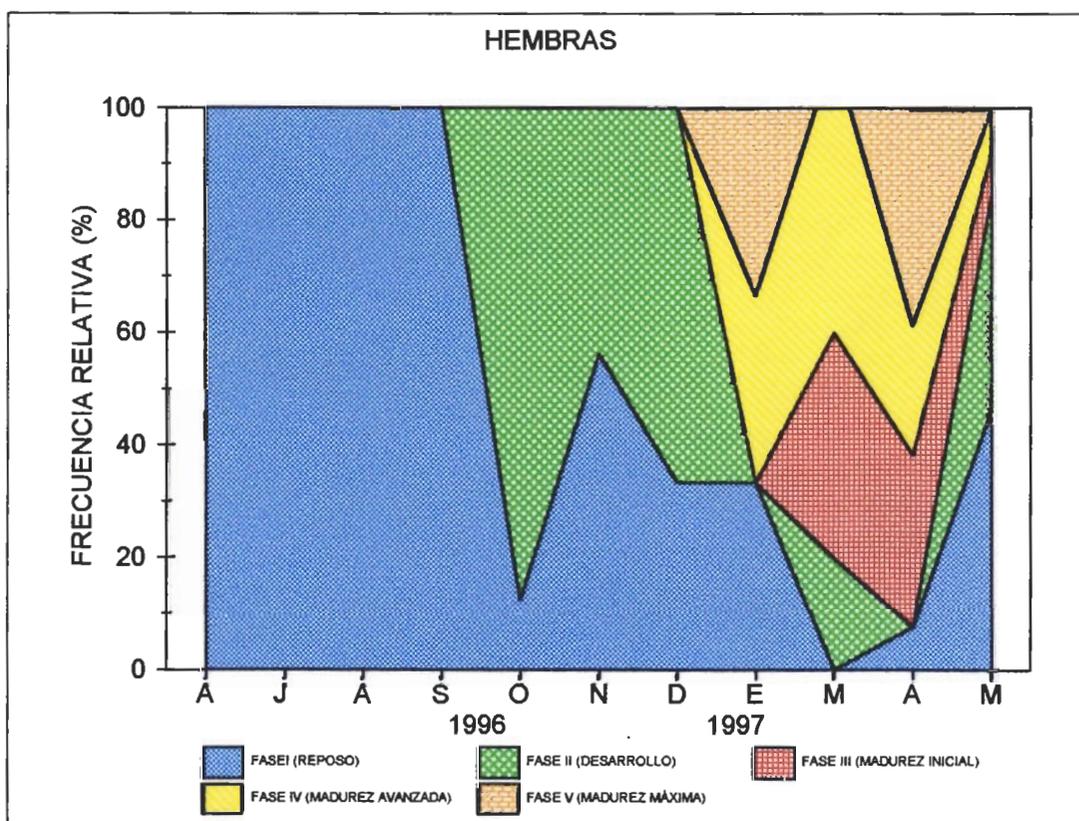


Figura 8. Ciclo reproductivo en hembras de *K. pelamis* durante 1996 y 1997.

6.5.2 Ciclo reproductivo de machos.

La fase de reposo fue la de mayor frecuencia de ocurrencia en el ciclo reproductivo de los machos, dicha fase se presentó de abril a noviembre con una frecuencia del 100% (de abril a septiembre). La fase de desarrollo se presentó de octubre a abril y la mayor frecuencia se presentó en noviembre con un porcentaje del 54% a excepción de marzo donde no se presentó esta fase. Por lo que respecta a la fase de madurez ésta se presentó de diciembre a mayo, con la mayor frecuencia en abril (57%). Las gónadas en eyaculación se presentaron de diciembre a mayo, siendo este último mes el que registró la mayor frecuencia (53%). La fase de posteyaculado se presentó de enero a mayo, excepto en abril, con un mayor porcentaje en enero (33%) (Fig. 9).

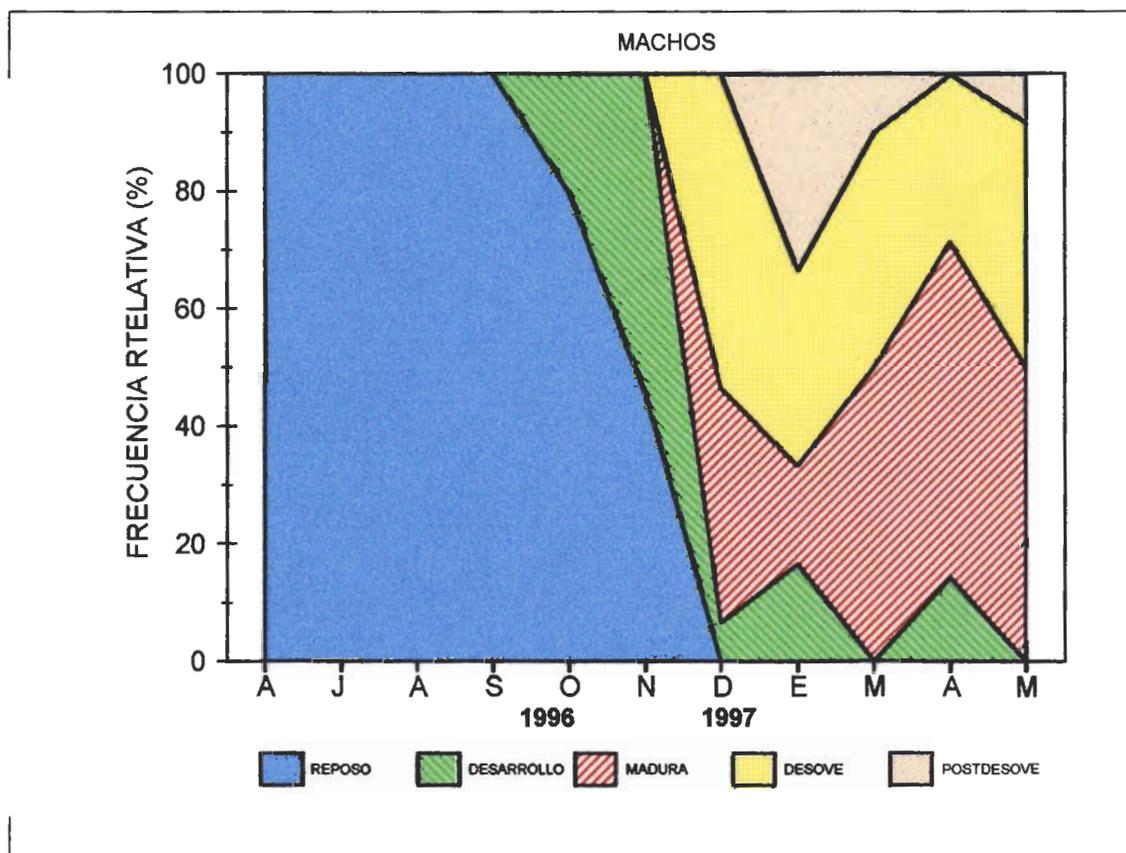


Figura 9. Ciclo reproductivo en machos de *K. pelamis* de 1996 a 1997.

Se observó que los organismos capturados en aguas cercanas al sur de la Península de Baja California, se encontraron solo en las dos primeras fases de desarrollo

para ambos sexos, mientras que los organismos de la parte oceánica, capturados en aguas cercanas a la Isla Clipperton presentaron las cinco fases de desarrollo para ambos sexos.

6.6. ÍNDICE GONÁDICO

6.6.1. Hembras.

En el periodo de abril a septiembre se presentaron los valores del índice gonádico más bajos, de octubre en adelante se incrementan hasta alcanzar su valor máximo en mayo de 1997, los valores de la desviación estándar fueron mínimos en los meses de abril a noviembre y se incrementaron de diciembre hasta mayo (Tabla 3).

MES	MEDIA MENSUAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
ABRIL	4.158	2.992
JUNIO	4.600	3.406
AGOSTO	4.475	1.972
SEPTIEMBRE	4.543	3.276
OCTUBRE	11.74	2.829
NOVIEMBRE	7.34	1.608
DICIEMBRE	24.12	22.841
ENERO	25.97	4.431
MARZO	23.05	9.427
ABRIL	27.68	16.694
MAYO	30.69	12.072

Tabla 3. Media mensual y desviación estándar de los valores del índice gonádico en hembras de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.6.2. Machos.

De abril a diciembre de 1996 los machos registraron los valores del índice gonádico más bajos en comparación con el periodo de enero a mayo de 1997. Las desviaciones estándar son pequeñas (Tabla 4).

MES	MEDIA MENSUAL	DESVIACIÓN ESTANDAR
ABRIL	4.101	2.703
JUNIO	3.908	3.067
AGOSTO	1.441	0.849
SEPTIEMBRE	1.206	0.553
OCTUBRE	3.523	1.722
NOVIEMBRE	2.999	3.506
DICIEMBRE	3.624	1.444
ENERO	8.756	3.779
MARZO	23.219	14.426
ABRIL	9.711	8.829
MAYO	12.274	6.915

Tabla 4. Media mensual y desviación estándar de los valores del índice gonádico en machos de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.7. FACTOR DE CONDICIÓN

6.7.1. Hembras.

Los valores promedio mensuales del factor de condición presentan dos periodos con valores altos (de abril a septiembre de 1996 y de enero a marzo de 1997) y dos con valores bajos (octubre a diciembre de 1996 y de abril a mayo de 1997), lo cual sugiere que la energía de los organismos ya esta empleándose en la reproducción, el valor máximo de la desviación estándar se presentó en abril y el valor mínimo se encuentra en octubre de 1996 (Tabla 5).

MES	MEDIA MENSUAL	DESVIACIÓN ESTANDAR
ABRIL	0.002195	0.000911
JUNIO	0.002091	0.000164
AGOSTO	0.002563	0.000318
SEPTIEMBRE	0.002678	0.000174
OCTUBRE	0.002313	0.000137
NOVIEMBRE	0.002375	0.000179
DICIEMBRE	0.002100	0.000245
ENERO	0.001970	0.00022
MARZO	0.002506	0.00061
ABRIL	0.002053	0.000158
MAYO	0.001977	0.000299

Tabla 5. Valores de la media mensual y desviación estándar del factor de condición de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.7.2. Machos.

En cuanto al factor de condición en machos, los valores promedios fueron altos de abril a noviembre y bajos de diciembre a marzo se incrementa ligeramente en abril y disminuye en mayo. El valor menor de la desviación estándar se observó en el mes de octubre y el mayor en abril de 1996 (Tabla 6).

MES	MEDIA MENSUAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
ABRIL	0.002170	0.000116
JUNIO	0.002044	0.000133
AGOSTO	0.002372	0.000237
SEPTIEMBRE	0.002272	0.000274
OCTUBRE	0.002272	0.000109
NOVIEMBRE	0.002368	0.000186
DICIEMBRE	0.002008	0.000197
ENERO	0.001945	0.000174
MARZO	0.001780	0.000114
ABRIL	0.001968	0.000101
MAYO	0.001894	0.000182

Tabla 6. Valores de la media mensual y desviación estándar del factor de condición de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.7.3 Relación factor de condición e índice gonádico

6.7.3.1. Hembras.

La variación de los indicadores morfofisiológicos permite establecer algunas regularidades del ritmo fisiológico y su relación con los principales procesos biológicos, entre ellos la reproducción, durante un ciclo anual, reflejando los cambios que ocurren en el metabolismo de los peces con la sucesión de las diferentes fases del ciclo reproductivo.

En lo que respecta a la relación del factor de condición con el índice gonádico, ésta se presentó de manera inversa en todo el periodo de análisis, observándose que de abril a noviembre de 1996 cuando los valores del índice gonádico son bajo los valores del factor de condición son altos, mientras que de diciembre de 1996 a mayo de 1997, los valores del índice gonádico aumentan y los del factor de condición disminuyen (Fig. 10).

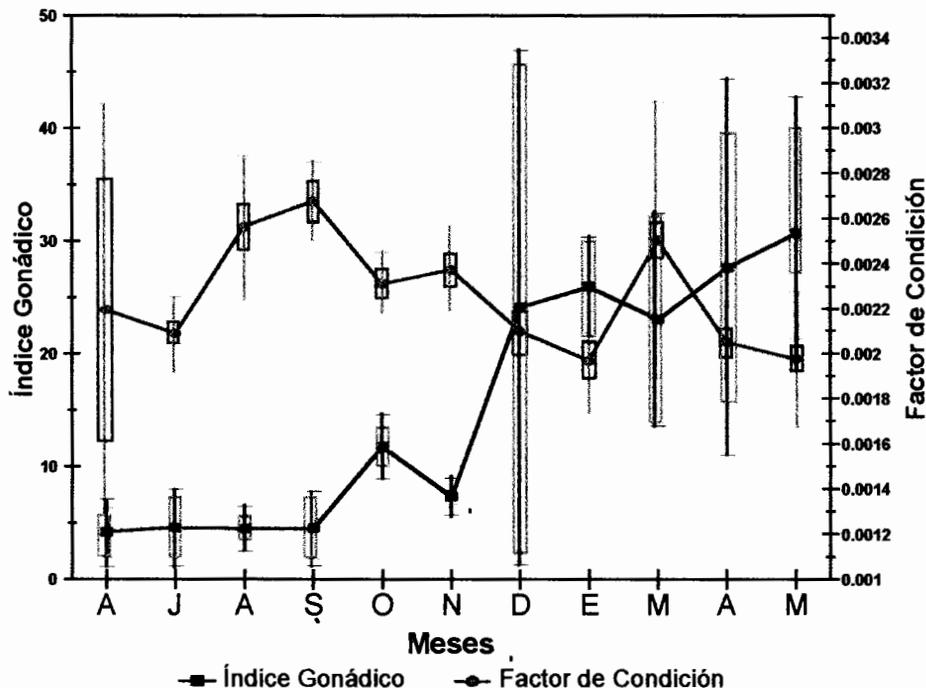


Figura 10. Relación del índice gonádico con el factor de condición en hembras de abril de 1996 a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.7.3.2 Machos .

En lo que respecta a la relación del factor de condición con el índice gonádico, ésta se presentó de manera inversa en todo el periodo de análisis, se observó que de abril a diciembre de 1996 cuando los valores del índice gonádico son bajo los valores del factor de condición son altos, mientras que de enero a 1996 a mayo de 1997, los valores del índice gonádico aumentan en tanto que los del factor de condición disminuyen (Fig. 11).

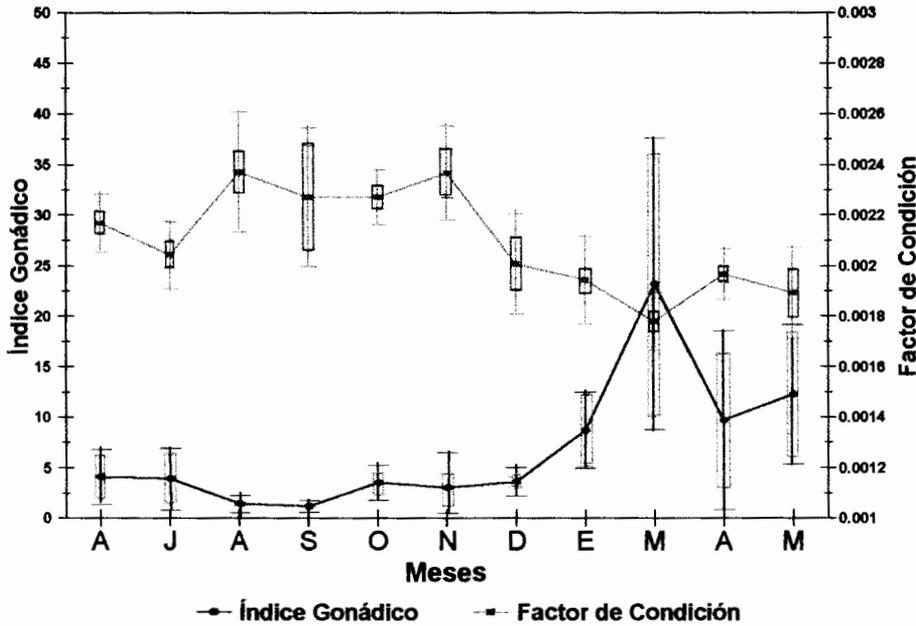


Figura 11. Relación del índice gonádico con el factor de condición en machos de abril de 1996 a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

6.8. FRECUENCIA DE TALLAS POR ESTADIOS REPRODUCTIVOS.

Se analizó la distribución de la frecuencia de tallas para cada uno de los estadios reproductivos. Para el estadio I el intervalo de tallas va de los 40 a 70 cm de longitud furcal, encontrándose los organismos más grandes en abril y junio de 1996 y los más pequeños en agosto y septiembre del mismo año. En el estadio II el rango de tallas se presentó de los 50 a 75 cm de longitud furcal, encontrándose en el mes de noviembre de 1996 a los organismos más grandes y en los meses de agosto y septiembre de 1996 y abril de 1997, a los organismos más pequeños. Con relación al estadio III el rango de longitud furcal va de los 50 cm en el mes de abril de 1997 y a los 70 cm para el mes de mayo de 1997. El estadio IV, las tallas mayores que se encuentran en esta fase son 67 cm de longitud furcal en los meses de marzo y mayo de 1997 y de 50 cm de longitud furcal en el mes de abril de 1997. Por lo que respecta al estadio V, las tallas máximas se presentaron en el mes de enero y febrero con 65 cm de longitud furcal y en los mismos meses las tallas mínimas con 55 cm de longitud furcal (Fig. 12).

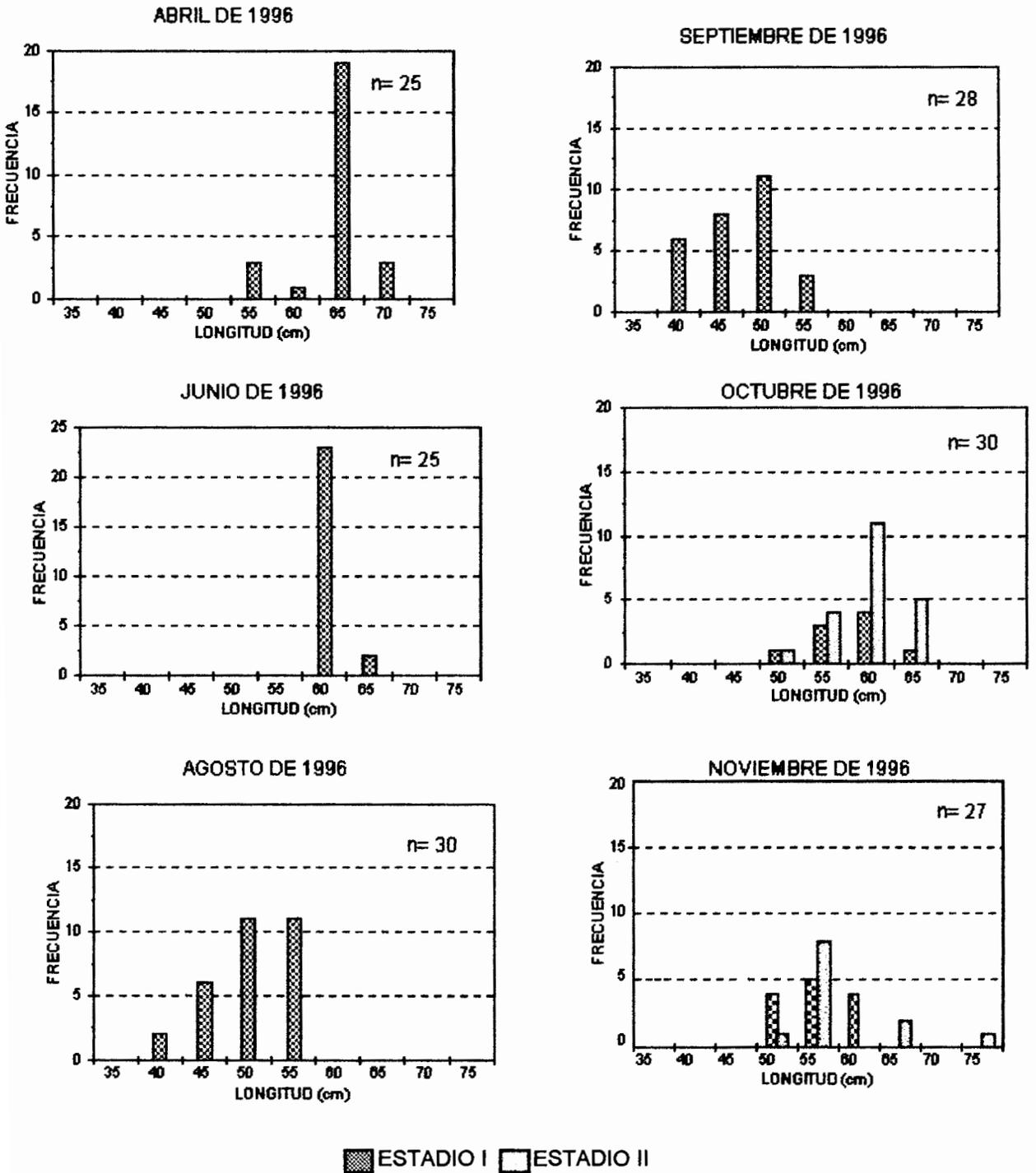


Figura 12. Frecuencia de tallas por estadio de desarrollo de *Katsuwonus pelamis* en el Océano Pacífico Oriental de abril de 1996 a mayo de 1997.

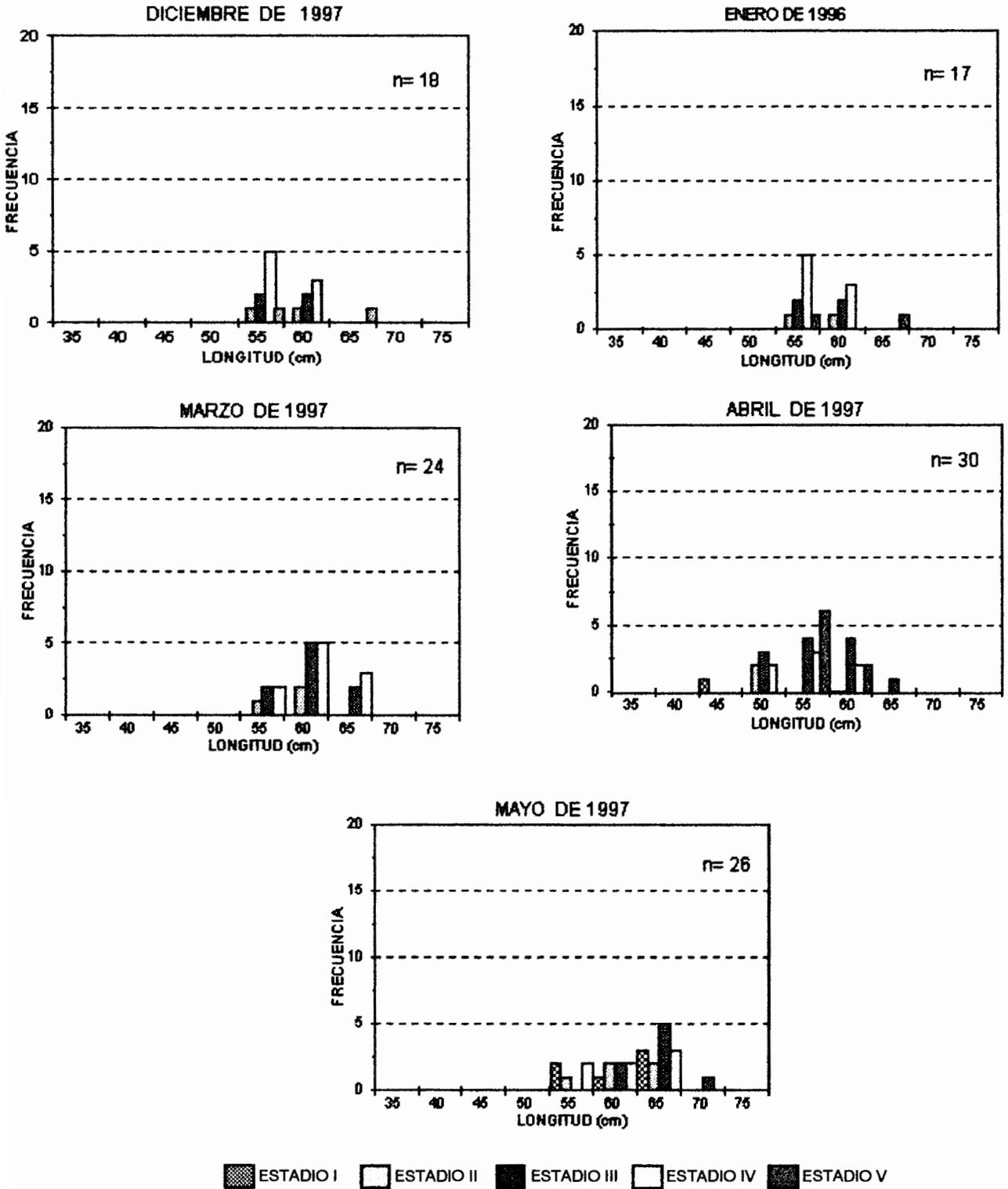


Figura 12. Continuación.

6.9. DIÁMETRO DE LOS OVOCITOS

Los ovocitos en la gónada de *K. pelamis* presentan una distribución polimodal, en general tuvieron un tamaño entre 47 y 506 μm de diámetro, el tamaño promedio fue de 312 μm (Tabla 7).

MES	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
ABRIL	57	14.86
JUNIO	61.19	14.1
AGOSTO	76.69	33.57
SEPTIEMBRE	50.14	15.07
OCTUBRE	56.12	15.67
NOVIEMBRE	62.11	24.06
DICIEMBRE	96.5	35.7
ENERO	297	12.72
MARZO	152.27	11.52
ABRIL	251.89	11.71
MAYO	199	12.5

Tabla 7. Valores medios y desviación estándar del diámetro de los ovocitos de *K. pelamis* por mes en el Océano Pacífico Oriental.

Con relación al diámetro de los ovocitos durante el ciclo analizado se observa una tendencia muy similar a la del índice gonádico, de abril a diciembre de 1996 se observan diámetros pequeños, para el mes de enero a mayo de 1997 los valores del diámetro aumentan (Fig. 13).

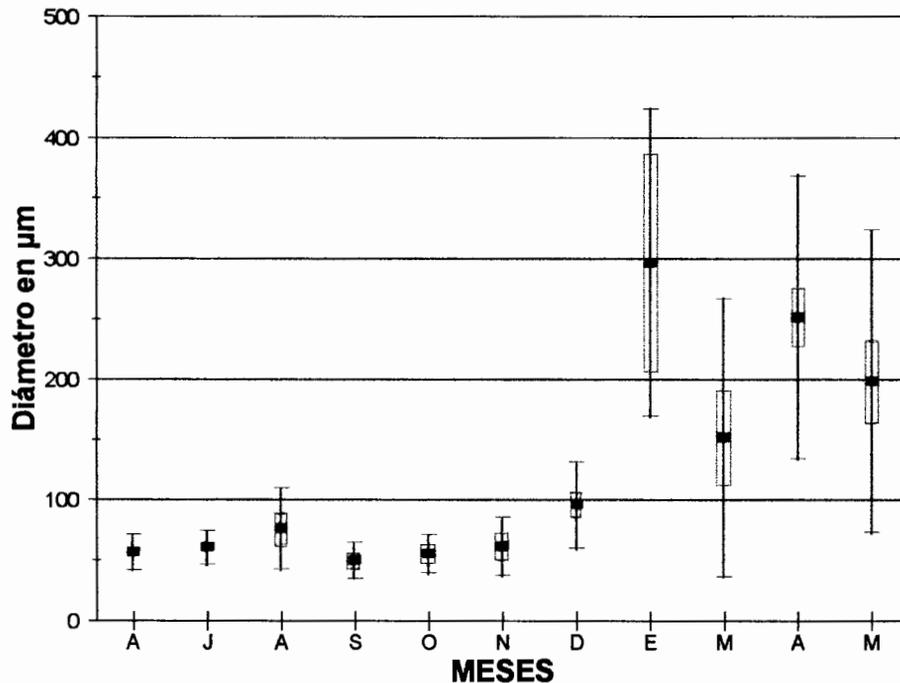


Figura 13. Valores promedio, desviaciones estándar y error estándar del diámetro de los ovocitos de abril de 1996 a mayo de 1997 de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

De acuerdo a las fases de desarrollo de la gónada se observa una distribución de modas sucesivas del diámetro de los ovocitos intraováricos en los meses de enero a mayo de 1997 de *K. pelamis*, lo cual indica que hay más de un ciclo gametogénico durante la temporada de reproducción (Figura 14).

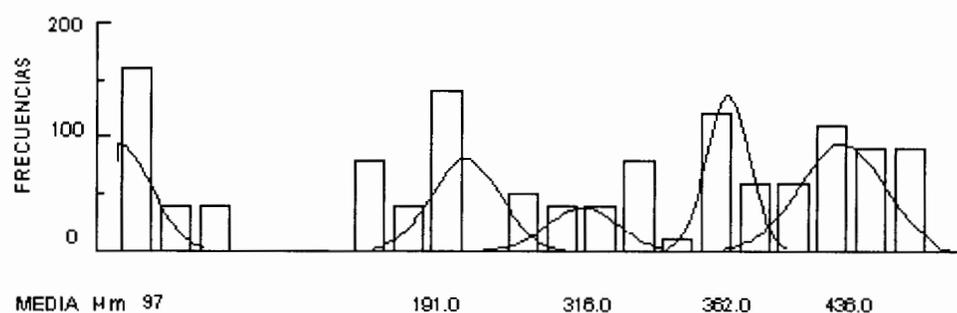
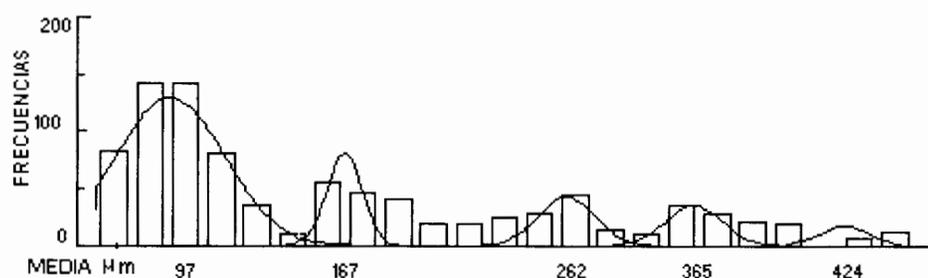
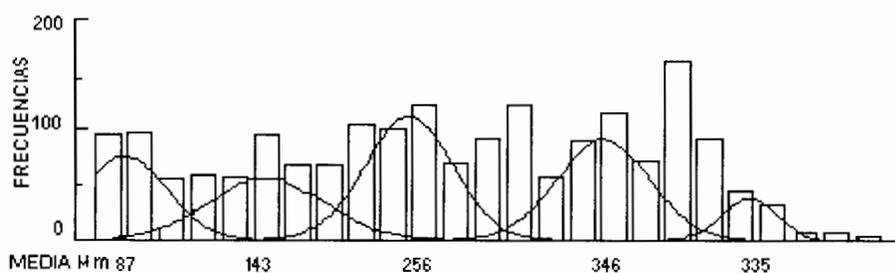
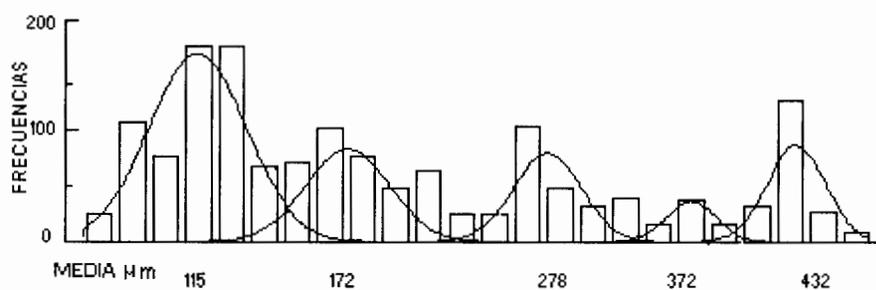
**ENERO****MARZO****ABRIL****MAYO**

Figura 14. Distribución de frecuencias del diámetro promedio mensual de los ovocitos

6.10 FECUNDIDAD

Se estimó la fecundidad parcial en 18 hembras de *Katsuwonus pelamis*, el número promedio de ovocitos fue de 313,089 para organismos de talla promedio de 55.5 cm de longitud furcal. El número total de huevos estimados para los individuos de *K. pelamis* tuvo un rango de 42,550 (para un individuo de 48 cm de longitud furcal con un peso de 2.2 Kg), a 632,186 (para un ejemplar de 61 cm de longitud furcal con 5.7 Kg de peso) (Tabla 8).

La fecundidad relativa promedio para las hembras de *Katsuwonus pelamis* fue de 75 huevos por gramo de peso corporal.

INDIV.	LONGITUD	PESO (Kg)	PESO DE LA GONADA(g)	No. DE HUEVOS EN 0.05 (g)	FEC. PARCIAL
1	48	2.2	9.4	226.33	42,550
2	50	5.5	39.5	206.66	163,261
3	50.7	2.4	45.7	215.10	196,601
4	52	2.5	49.8	223.00	222,108
5	52	2.8	50.2	220.66	221,542
6	52.5	3.15	50.3	211.33	212,597
7	53.2	3.1	53.3	259.66	276,797
8	54.8	3.6	56.8	227.00	257,872
9	55.5	3.3	55.6	268.33	298,382
10	56.5	4.5	59.4	218.66	259,768
11	57.5	4.5	58.5	263.00	307,710
12	58	5	60.3	244.66	295,059
13	58	3.7	63.3	245.60	310,929
14	58.5	4.75	73.1	265.66	388,394
15	60	5.75	81	280.66	454,669
16	60.2	5.2	88.2	289.66	510,960
17	61	4.25	101.9	286.66	584,213
18	61	5.75	108.5	291.33	632,186

Tabla 8. Valores de la fecundidad parcial de las hembras de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

Se encontró que la fecundidad está relacionada potencialmente con la longitud furcal de las hembras. El coeficiente de correlación entre estas variables fue de 0.75 y sugiere que el modelo potencial explica en un 75% la relación entre el número de huevos con respecto a la longitud, se encontró que los organismos más pequeños presentan el

menor número de huevos, mientras que en los organismos con las tallas superiores presentan la fecundidad más alta (Fig. 15).

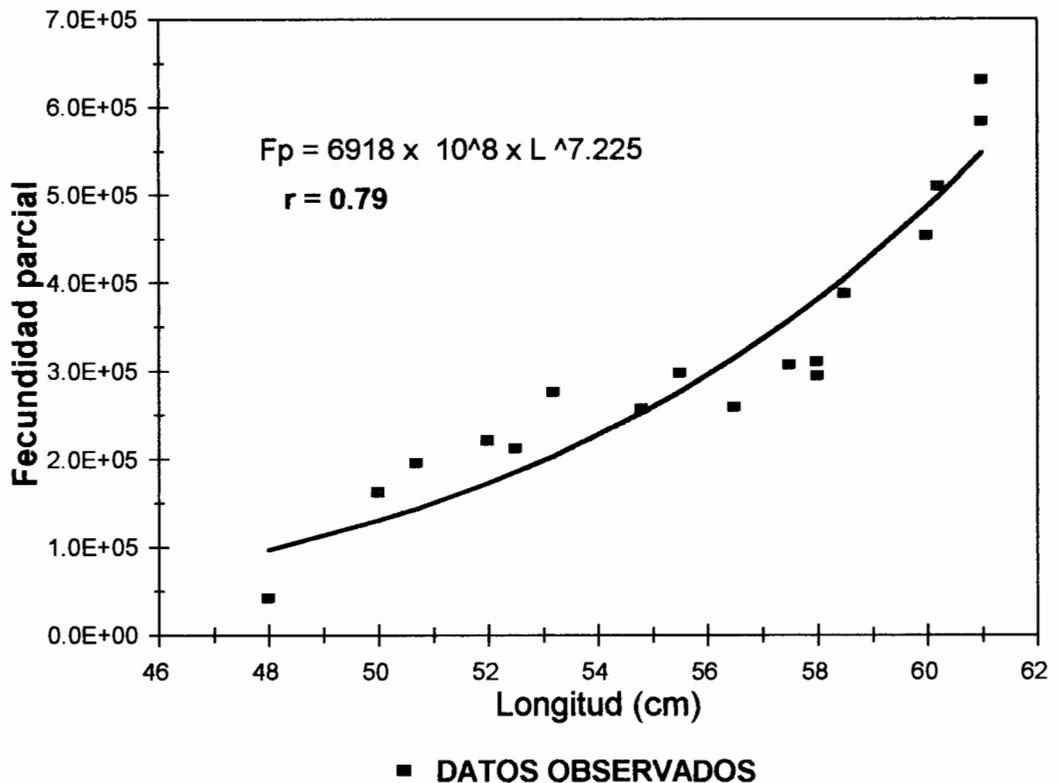


Figura 15. Fecundidad parcial de *Katsuwonus pelamis* en el Océano Pacífico Oriental.

7. DISCUSIÓN

7.1. FRECUENCIA DE TALLAS.

Respecto a la frecuencia de tallas en las zonas de muestreo, se encontró que la mayor abundancia de organismos en tallas pequeñas se presentan en aguas cercanas a la Península de Baja California, mientras que los organismos de tallas mayores se encontraron en aguas cercanas a la Isla Clipperton, esta misma distribución de tallas por áreas reportan (Shaefer y Orange, 1956) en el estudio del desarrollo sexual y desove del atún aleta amarilla *Neothunnus macropterus* y del barrilete *Katsuwonus pelamis* en tres regiones del Océano Pacífico Oriental y por (Orange, 1961) en el estudio del desove de los atunes aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico Oriental.

7.2. PROPORCIÓN SEXUAL.

Aunque en general no se encontraron diferencias significativas en la proporción sexual 1:1, del barrilete *K. pelamis* sin embargo en el análisis por mes de χ^2 se encontraron diferencias en noviembre, diciembre y enero, siendo mayor la proporción de hembras en noviembre mientras que la proporción de machos fue mayor en diciembre y enero, este comportamiento difiere al reportado por (Shaefer y Orange, 1956) en un estudio efectuado para esta especie en el Océano Pacífico Oriental en el cual se reporta una mayor abundancia de hembras. (Orange, 1961) en un estudio llevado a cabo en el Océano Pacífico Oriental entre los 30° de latitud Norte y 15° de latitud Sur menciona que la proporción de sexos no difirió de 1:1. Un resultado similar fue reportado por (Cayré y Farrugio, 1986) en el Océano Atlántico.

El cambio de la proporción sexual en clases de tallas mayores presentó una ligera dominancia de machos sobre las hembras en las tallas mayores a 61 cm de longitud furcal. Resultados similares para esta especie fueron registrados por (Marr, 1948) en las Islas Marshall, en el Océano Pacífico, (Brock, 1954) en el Océano Pacífico Central, (Yoshida, 1964) en las islas Marquesas y Tuamotu en el Océano Pacífico Central y por (Orange, 1961) quienes encontraron que este cambio en la proporción sexual a favor de los machos sucede a los 75 cm de longitud total.

Esto mismo se ha encontrado para otros atunes como la albacora *Thunnus alalunga* (Otsu y Sumida, 1968), el patudo *Thunnus obesus* (Kume y Joseph, 1966) y el kawakawa, *Euthynnus affinis* (Williamson, 1970) y el aleta amarilla (Orange, 1961; Murphy y Shomura, 1972). Esto puede explicarse por algún crecimiento diferencial ligado al sexo (Scheafer, 1987).

Al respecto (Wild, 1986), señala que el cambio en la proporción de sexos en el atún aleta amarilla se debe a un aumento en el índice de mortalidad natural en las hembras, lo cual podría deberse a un mayor gasto energético durante el desove o a enfermedades. (Ware, 1984) señala que el cambio en las proporciones sexuales en peces iteróparos muestran que la reproducción y la mortalidad están vinculadas, ya que las tasas de ambos parámetros aumentan con la senilidad.

Por otra parte, en un experimento de laboratorio sobre el ciprinodontido *Oryzias latipes*, especie con desoves parciales, se encontro que una alta mortalidad de las hembras coincidía con niveles elevados de esfuerzo reproductivo y la perdida de peso, lo cual condujo a elevar la mortalidad (Hirschfield, 1980). Este mismo autor manifestó además, que los peces mientras están reproduciéndose no asignan suficiente energía para mantenerse vivos, lo que aumenta el riesgo de muerte, modificándose así la proporción sexual en las poblaciones.

7.3. FASES DE DESARROLLO DE LAS GÓNADAS.

Con relación a las fases de desarrollo de las gónadas se ha determinado que muchas especies de peces con desoves parciales tienen una periodicidad rítmica en el comportamiento reproductivo (Mc Evoy y Mc Evoy, 1992), por lo que las gónadas sufren variaciones cíclicas en concordancia con la época del año y los cambios ambientales (Vizziano y Berois, 1990).

El comportamiento reproductivo de *K. pelamis* en el Océano Pacífico Occidental ha sido estudiado por (Buñag, 1956) y (Yoshida, 1964) para la parte central. En el Océano Atlántico (Batts, 1972) y (Goldberg y Au, 1986) y en el Océano Indico, (Rajú, 1964a), encontraron que esta especie es un desovador parcial, ya que presenta una distribución

multimodal del diámetro de los ovocitos y folículos postovulatorios de diferentes edades en el ovario durante la época reproductiva. Aunque en el presente estudio no se encontraron folículos postovulatorios ni ovocitos hidratados, si se registró la presencia de una distribución polimodal en las gónadas de hembras con madurez óptima lo cual apoya los resultados antes mencionados.

7.4. CICLO REPRODUCTIVO.

Se ha considerado que la estrategia reproductiva que presentan los peces que desovan más de una vez en la temporada es una característica común en las zonas tropicales y subtropicales (Nikolsky, 1963).

En el presente estudio, los organismos presentaron diferentes grados de madurez de acuerdo con las zonas de captura ya que de abril a noviembre de 1996 en aguas cercanas a la costa de Baja California Sur, solo se capturaron organismos sexualmente inactivos o con gónadas en desarrollo, mientras que los organismos capturados en aguas oceánicas, cercanas a la Isla Clipperton, presentaron todas las fases de desarrollo descritas, un resultado similar fue registrado por (Scheafer y Orange, 1956) en aguas cercanas al área donde se capturaron los organismos analizados del presente trabajo.

Se ha observado que los desoves del barrilete en el Océano Pacífico Oriental se llevan a cabo durante el verano y otoño según lo reportado por (Scheafer y Orange, 1956). Esto difiere a lo observado en el presente estudio ya que es más probable que el desove se efectuó a finales de invierno y principios de primavera debido a que son las estaciones en donde se encontró el máximo desarrollo de las gónadas, sin embargo en las gónadas analizadas no se encontraron folículos postovulatorios ni ovocitos hidratados. Al respecto (Goldberg y Au, 1986) indican que es raro capturar hembras con ovocitos hidratados y con presencia de folículos postovulatorios ya que la hidratación es un proceso rápido y el desove se lleva a cabo en pocas horas.

Por otra parte, (Orange, 1961) reporta que en la zona cercana a la Isla Clipperton, capturaron una larva de barrilete en el mes de noviembre y como lo indican (Goldberg y Au, 1986) este hecho se utiliza como evidencia de un desove reciente ya que la incubación del huevo fertilizado se lleva a cabo en 2 días. (Scheafer y Orange, 1956) y

(Orange, 1961) reportan que en aguas cercanas a Baja California Sur aparentemente no se llevan a cabo desoves, estos resultados coinciden con lo encontrado en este trabajo, probablemente la abundancia de esta especie en la zona mencionada se debe a que es utilizada como área de alimentación durante una parte del año (Roman-Reyes, 2000).

Las áreas y periodos de reproducción cambian según la latitud por lo que estas variaciones entre zonas y época de reproducción aparentemente tienen relación con los procesos asociados al calentamiento y enfriamiento de las aguas superficiales. Con base en estudios de índices de madurez en túnidos, (Shingu *et al.*, 1974) mencionan que en el Océano Pacífico Suroriental, la actividad reproductiva sucede en la primera parte del año asociado con la isoterma superficial de los 24°C, por lo que este factor podría ser un indicador de los límites norte y sur del área de reproducción en estos peces.

Aunque en el presente trabajo no se correlacionó la temperatura con el desarrollo de las gónadas, se observó que la temperatura reportada en las bitácoras de pesca para el área cercana a las Islas Clipperton son de 26 a 28 °C, lo cual coincide con lo reportado por (Matsumoto *et al.* 1984) en el Océano Pacífico Oriental, quien señala la ocurrencia de desoves en isotermas de 25°C. Asimismo en el estudio de la valoración preliminar de desoves para *K. pelamis* en el Océano Pacífico Oriental llevado a cabo por la Comisión del Atún, indican que ocurren desoves significativos en aguas donde la temperatura superficial es de 25°C (CIAT, 1998).

7.5. FACTOR DE CONDICIÓN.

En relación al factor de condición el cual es un indicador de la energía disponible almacenada en los músculos y que esta vinculada al ciclo reproductivo tal como lo reporta para *Limanda limanda*, y para el arenque *Clupea herengus* (Wilkins, 1967) y en la sardina del Pacífico por (Lasker, 1970). Asimismo (Hunter *et al.*, 1986) estimaron que el costo energético de un desove de *K. pelamis* puede ser hasta un 2% del peso corporal. (Olson y Boggs, 1986), realizaron una estimación desde un enfoque bioenergético, del costo total diario para la actividad reproductiva del atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, encontrando un gasto del 0.97% de peso corporal para hembras y un 0.28% del peso corporal para machos. (Schaefer, 1987), determinó que el costo energético del desove por

día del barrilete negro *Euthynnus lineatus*, es de 1.77% del peso corporal. (De Vlaming, 1975), observó una disminución en las reservas grasas del cuerpo en el pez *Notemigonus crysoleucas* durante la temporada de desove, sus resultados indican que existe una relación entre la reserva de lípidos y la reproducción ya que a partir del metabolismo de los lípidos, se inician los precursores de las reservas lipídicas para el desarrollo de los ovocitos durante la maduración gonadal en hembras.

Con respecto a *K. pelamis*, no existen trabajos sobre el factor de condición y la actividad reproductiva, sin embargo al comparar las curvas del factor de condición con las del índice gonádico se observó una tendencia inversa sugiriendo que durante las etapas de menor desarrollo gonadal los organismos están almacenando energía (abril a noviembre) lo cual puede ser utilizado durante las etapas de proliferación de los ovocitos; mientras que durante las etapas de mayor desarrollo gonádico, el factor de condición disminuye (diciembre-enero, abril-mayo), lo cual sugiere que la energía de los organismos esta empleándose en el proceso de crecimiento de los ovocitos. Una relación similar es reportada para los peces ángel *Holacanthus passer* por (Arellano *et al.*, 1999) y para *Karaeius bicoloratus* por (Uehara y Shimizu, 1999).

7.6. ÍNDICE GONÁDICO.

El índice gonádico y las fases de desarrollo en *K. pelamis* guarda relación respecto al área donde se capturaron los organismos ya que de abril a noviembre de 1996 se encontraron solo dos fases de desarrollo que corresponden con los valores mínimos del índice gonádico, mientras que de diciembre a mayo se presentaron las 5 fases de desarrollo, en correspondencia con los valores altos del índice gonádico, al respecto (June, 1953) en un estudio del atún aleta amarilla menciona que el índice gonádico puede determinar solamente la estacionalidad del desove, pero la duración y cuantas veces desova solo se puede determinar por análisis histológico,.

Sin embargo (Yoshida, 1964) determinó el índice gonádico al barrilete con ovarios que proporcionaban un intervalo mucho más amplio que los valores del índice gonádico encontrados en este trabajo, y encontró una correlación positiva entre el tamaño de los ovocitos y valores entre 30 y 40 del índice gonádico, pero más allá de estos valores la relación no es clara. (Cayré y Laloe, 1986) realizaron un estudio similar

para los barriletes de varias áreas del Océano Atlántico en ambos estudios la conclusión es que el índice gonádico no es un indicador preciso en las últimas fases de maduración gonádica,

El índice gonádico utilizado en el presente trabajo si refleja el desarrollo de la gónada y puede ser utilizado como un indicador de la madurez en esta especie en los valores reportados.

7.7. DIÁMETRO DE LOS OVOCITOS.

En los peces el grado de madurez sexual puede ser determinado por la medida del diámetro de los ovocitos a fin de establecer la posición de la moda más avanzada, como lo hizo (Yuen, 1955) con el atún patudo *Thunnus obesus* en el Océano Pacífico. Otra manera de determinar la madurez de un ovario consiste en registrar el diámetro máximo de los ovocitos como lo usaron (Buñag, 1956) y (Otsu y Uchida, 1959) en el barrilete, estos dos últimos autores compararon el diámetro máximo de los ovocitos con el peso relativo de los ovarios y hallaron una definida relación entre el grado de desarrollo de las gónadas, indicado por los diámetros de los ovocitos más grandes.

El diámetro promedio de los ovocitos en *K. pelamis* determinado en el presente estudio fue de 300 μm y es menor que lo reportado por otros autores para esta misma especie. (Yoshida, 1964) en el Océano Pacífico Central registró diámetros promedio de 600 μm ; Batts (1972) diámetros promedio de 650 μm ; (Stéquert, 1976) en el Océano Pacífico Oriental con 550 μm ; (Kaya *et al.*, 1982) en el Océano Pacífico Oriental con 700 μm ; (Goldberg y Au, (1986) en el Océano Pacífico Occidental con 500 μm y (Scheafer, 1998) en el Océano Pacífico Oriental con 550 μm . El congelar y preservar las muestra en formol causan encogimiento en los ovocitos, aunque este error de la técnica no fue evaluado en este estudio es probable que esto sea causa de que el tamaño promedio sea menor a lo reportado por otros investigadores si embargo la tendencia del diámetro de los ovocitos es similar al del índice gonádico, por lo que es un buen indicador del desarrollo de la gónada, resultados similares encontraron (Goldberg y Au, 1982) en un estudio de esta especie en la parte suroccidental del Océano Atlántico.

7.8. FECUNDIDAD.

La fecundidad es una función de la talla y la talla está vinculada al crecimiento, el cual se ve afectado directamente por la interacción de la temperatura y el alimento. La temperatura es principalmente un factor de control, mientras que la calidad y cantidad de alimento son un factor limitante (Houston, 1982).

Se ha estimado la fecundidad de *K. pelamis* en diferentes océanos con resultados variables, lo que se explica por varias causas posibles: El tamaño pequeño de especímenes utilizado, el realizar los conteos de los ovocitos a partir de diferentes tamaños, diferentes métodos utilizados para las estimaciones o que efectivamente, esta especie tiene un amplio intervalo de fecundidad, lo que no parece estar alejado de la realidad por cuanto a su biología y a su actividad migratoria lo cual imprime un sello característico al grupo biológico al cual pertenece (Báez-Hidalgo y Bécquer, 1994). En el presente estudio la fecundidad estimada varió entre 50×10^3 hasta 632×10^3 ovocitos en peces de 48 a 61 cm de longitud furcal con un promedio de 313×10^3 ovocitos en un organismo de 55.5 cm de longitud furcal promedio. Los valores de dicha fecundidad caen dentro de los rangos reportados por otros investigadores. Esta estimación es similar a lo reportado para esta misma especie para el Océano Atlántico Oriental por Cayré (1981) y por Báez-Hidalgo y Bécquer (1994) para la parte suroriental y noroccidental de Cuba y en el mar de Japón por Yabe (1954) citado por Goldberg y Au (1986).

En general el promedio de la fecundidad estimada en el presente estudio es bajo, debido probablemente a la variabilidad genética de la producción de ovocitos entre individuos, así como a la poca cantidad de hembras con gónadas maduras.

En el presente trabajo la fecundidad relativa fue de 75 huevos por gramo de peso corporal, lo cual es semejante a lo reportado por Cayré y Farrugio (1986), para esta especie en el Océano Atlántico donde la fecundidad relativa es de 82 huevos por gramo de peso corporal.

Se ha señalado una variación latitudinal en la fecundidad de varias especies de peces Bagenal (1968) descubrió diferencias geográficas significativas en la fecundidad de la platija *Pleuronectes platessa*, y en *Clupea harengus harengus* (Schopka, 1971). La

fecundidad por camada de la anchoa del norte frente a Oregon es significativamente superior a su fecundidad frente a California (Laroche y Richardson, 1980, Hunter y Golberg, 1980). Cayré y Farrugio (1986) encontraron diferencias en la fecundidad por camada del barrilete entre diferentes áreas del Océano Atlántico, es probable que esto mismo ocurra en el Océano Pacífico Oriental, sin embargo debe obtenerse mas información sobre este tema ya que se obtuvieron pocos organismos de las dos áreas.

8. CONCLUSIONES

1. - La proporción sexual en *K. pelamis* en el área de estudio fue 1:1. Aunque la proporción sexual de machos sobre las hembras en las tallas mayores a 61 cm de longitud furcal fue mayor.
- 2.- Esta especie de atún presentó un desarrollo asincrónico de la gónada, evidenciado por una distribución polimodal del diámetro de los ovocitos.
3. - Se confirmó que el barrilete *K. pelamis* es un desovador parcial ya que presenta una distribución polimodal del diámetro de los ovocitos en las gónadas maduras y aunque no se encontraron folículos postovulatorios de diferentes edades, esta característica ya ha sido reportada para esta especie.
4. - La temporada de madurez máxima la cual se consideró como época de reproducción más probable, comprende de diciembre a mayo en las cercanías de la Isla Clipperton.
5. - El periodo de madurez máxima coincide con valores bajos del factor de condición y el periodo de inactividad y el desarrollo de las gónadas coincide con valores altos del factor de condición.
6. - El índice gonádico es un indicador adecuado para valorar el desarrollo de la gónada de *K. pelamis*.
7. - La fecundidad parcial promedio fue de 313×10^3 ovocitos para un organismo de talla y peso promedio de 55.5 cm y 4 kg, este valor es cercano a lo reportado para esta especie en el Océano Atlántico.
8. - La fecundidad relativa promedio fue de 75 huevos por gramo de peso corporal de la hembra.
9. - La fecundidad parcial se relaciona en forma potencial con la talla medida como longitud furcal.

9. RECOMENDACIONES

Es recomendable utilizar el índice gonádico, para realizar estudios de la época de reproducción en *K. pelamis*, en las dos áreas de operaciones de la flota atunera mexicana, donde se obtuvieron las muestras del presente trabajo, esto con el fin de observar si existen diferencias entre áreas, ya que dicho índice es un buen indicador de la actividad reproductiva en esta especie.

Asímismo se sugiere obtener muestras de todos los meses del año para comprobar si guarda relación con el comportamiento reproductivo encontrado en el presente estudio.

Para futuros trabajos con relación a la biología reproductiva se deben obtener más especímenes con tallas mayores a los 60 cm de longitud furcal ya que en el presente trabajo fueron pocos.

10. LITERATURA CITADA

Anónimo, 1979. Jurisdicción pesquera. El atún en las doscientas millas. Cuba, Pesca al Día (56): 1-18.

Arellano-Martínez M., B.P Cevallos-Vazquez, F. García Domínguez y F. Galvan-Magaña. 1999. Reproductive biology of the king ángel fish *Holacanthus passer* Valenciennes, 1846 in the Gulf of California, México. Bulletin of Marine Science 65: 677-685.

Báez-Hidalgo, M. y M.E. da Costa. 1984. Histología de los ovarios maduros del bonito *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). Rev. Invest. Mar. 5(3): 57-63.

Báez-Hidalgo, M. y U. Becquer. 1994. Fecundidad del bonito *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) y la albacora *Thunnus atlanticus* (Lesson) en Cuba. Rev. Invest. Mar. 15(3): 218-22.

Bagenal, T.B. 1968. Fecundity. In: Ricker, W.E. (editor). Methods for Assessment of Fish Production in Freshwater. Int. Biol. Programmed Handb. 3, Blackwell Scien. Publ., Oxford: 160-169.

Batts, B.S. 1972. Sexual maturity, fecundity, and sex ratios of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* L. in North Carolina waters. Trans. Am. Fish. Soc. 101: 626-637.

Brock, V.E. 1954. Some aspects of the biology of the aku, *Katsuwonus pelamis*, in the Hawaiian Islands. Pac. Sci 8(1): 94-104.

Buñag, D.M. 1956. Spawning habits of some Philippine tuna based on diameter measurements of the ovarian ova. J.Philipp.Fish., 4(2):145-77.

Cayré, P. 1981. Maturité sexuelle, fécondité et sex ratio du listao (*Katsuwonus pelamis* L) des côtes d' Afrique de l'oest (20°N-0°N), étudiés a partir des débarquements thoniérs (1977 à 1979) au port de Dakar, Senegal. ICCAT Rec. Doc. Sci. XV:135-149.

Cayré, P. y H. Farrugio. 1986. Biologie de la reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) del Océan Atlantique. In: Symons, P.E.K., P.M. Miyake, and G.T. Sakagawa (editors), Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program. Int. Comm. Cons. Atl. Tunas, Madrid, Spain: 252-272.

Cayré P. y F. Laloe. 1986. Review of the gonad index (GI) and an introduction to the concept of its "critical value": application to the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Atlantic Ocean. Marine Biology (Berlin) 61, 27-40.

CIAT. 1993. INFORME ANUAL de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1992. CIAT La Jolla California, EU. 315 p.

CIAT. 1998. INFORME ANUAL de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1996. CIAT La Jolla California, EU. 306 p.

Clarck, F.N., 1934. Maturity of the California sardine (*Sardina caerulea*), determined by ova diameter measurements. Calif. Div. Fish Game, Fish Bull. 42; 49 p.

De Valming, V. L. 1975. Effects of photoperiod- temperature regimes and pinealectomy on body fat reserves in the golden shiner, *Notemigonus crysoleucas*. Fish, Bull. Vol. 73. No. 4. 766-776.

De Vlaming, V.L., 1982. On the use of gonosomatic index. Comp. Biochem. Physiol., 73A (1): 31-39.

Forsberg, E.D. 1988. A review of the questions of subpopulations of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Pacific Ocean, and of possible migration routes. Internal Rep.I-ATTC, (21): 15 p.

Goldberg ,S.R. y D.W.K. Au, 1986. The spawning of skipjack tuna from Southeastern Brazil as determined from histological examination of ovaries. Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program. Int. Comm. Cons. Atl. Tunas, Madrid, Spain: 252-272.

- Grant, A. y P.A Tyler. 1983. The analysis data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad index and maturity index. *Int. J. Invert. Reprod.* 6: 259-269.
- Hirschfield, M.F. 1980. An experimental analysis of reproductive effort and cost in the Japanese medaka, *Oryzias latipes*, *Ecology*, 61 (2): 282-292.
- Hoar, W.S. 1969. Reproduction. *In*: W.S. Hoar y D.J. Randall (editors), *Fish Physiology*, Vol. 3. Academic Press, N.Y. : 1-72.
- Houillon, C. 1978. Sexualidad. Tercera edición . Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 202 pp.
- Houston, A.H. 1982. Thermal effects upon fishes. *Nat. Res. Con. Can., Assoc. Comm. on Sci. Crit. For Environ. Qual.* : 200 pp.
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab, *Limanda limanda*(L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *J. Fish. Biol.*, 13(3): 369-378.
- Humason, G.L. 1979. *Animal Tissue Techniques*. Cuarta edición. W.H. Freeman and Co San Francisco. 692 p.
- Hunter, J.R., y S.R. Goldberg, 1980. Spawning incidence and batch fecundity y northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.* 77 : 641-652.
- Hunter, N.C.H. y R.J.H Leong. 1984. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In an egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern achovy, *Engraulis mordax*. R. Lasker (ed). Southwest Fisheries Science Center. Adm. Rep. LJ-84-37 : 204-246.
- Hunter, J.R., R.B. Macewicz y J.R. Sibert. 1986. The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. *Fish. Bull.* 84 : 895-903.

Joseph, J. 1963. Fecundity of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) from the eastern Pacific Ocean. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull. 7, 255-92.

Joseph, J., y T. Calkins. 1969. Populations dynamics of the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) of the eastern Pacific Ocean. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 13 (1): 1-273.

June, F.C. 1953. Spawning of yellowfin tuna in Hawaiian waters. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull. 77, Vol. 54, pp. 47-64.

Kaya, C.M., A.E. Dizon., S.D. Hendrix., T.K. Kazama y M.K.K. Queent. 1982. Rapid and spontaneous maturation, ovulation and spawning of ova by newly captured skipjack tuna, (*Katsuwonus pelamis*). Fish. Bull. U.S. 80:393-396.

Kume, S. y J. Joseph. 1966. Size composition, growth and sexual maturity of big eye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), from the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull. 11 (2): 45-99.

Lasker, R. 1970. Utilization of zooplankton energy by a Pacific sardine population in the California current. In: J.H. Steel (editor), Marine food chains, p. 265-284. Univ. Calif. Press, Berkeley.

Laroche, J.L. y S.L. Richardson. 1980. Reproduction of northern anchovy, *Engraulis mordax*, off Oregon and Washington. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 78(3) : 603-618.

Lender, T. , R. Delavault y A. Le Moigne. 1982. Diccionario de biología. Ediciones Grijalbo, S.A. México 203 pp.

Marr, J.C., 1948. Observation of the spawning of oceanic skipjack (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) in the northern Marshall Islands. Fish. Bull. U.S. Fish WildL. Serv., 51 (44):201-206.

- Matsumoto, W.M., R.A. Skillman y A.E. Dizon. 1984. Synopsis of biological data on skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. NOAA Tech. Rep.. NMFS Circ., (451): 92 p.
- Mc Evoy, L.A. y J. Mc Evoy. 1992. Multiple spawning in several commercial fish species and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. J. of Fish Biol. Vol 41 (Suplement) B 125-136.
- Montolio, M.A. y M. Juárez. 1976. Estimado preliminar de la población en desove del bonito (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) en el Caribe Occidental. Rev. Cub. Invest. Pesq. 2(3): 267-276.
- Moyle. P.V. y Cech. J.J. , 1988. Fishes : An introduction to ichthyology. Prentice-Hall. Inc. 559 pp.
- Murphy, G.I. y R.S. Shomura. 1972. Pre-exploitation abundance of tunas in the equatorial central Pacific. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 70 (3): 875-913.
- Nagahama, Y. 1983. The functional morphology of teleost gonads. In: Fish Physiology. Vol. IX: Reproduction. Hoar. W. S., D. J. Randall y E. M. Donaldson (Ed). Academic Press. New York. pp 75-223.
- Nakamura, H. 1935. Uber intersexualität bei *Katsuwonus pelamis* (Linn.) . (In Jap.) Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 24 (141) : 197-198.
- Nikolosky, J.S. 1963. The ecology of fishes. Academic Press, Londres y New York, 329 p.
- Olson, R.J., y C.H. Boggs. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43:1760-1775.
- Orange, C.J. 1961. Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the eastern tropical Pacific, as inferred from studies of gonad development. (In Engl. and Span,) Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull. 5(6): 459-526.

Otsu, T. y R.N. Uchida. 1959. Sexual maturity and spawning of albacore in the Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. Fish. Bull. 59, 287-305.

Otsu, T. y R.F. Sumida. 1968. Distribution, apparent abundance, and size composition of albacore (*Thunnus alalunga*) taken in the longline fishery based in American Samoa, 1954-65. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull., 67 (1): 47- 69.

Raju, H. 1964a. A case of hermaphroditism and some other gonadal abnormalities in the skipjack *Katsuwonus pelamis*. J. Mar. Biol. Assoc. India, 2:95-102.

Raju, H. 1964b. Fecundity of the oceanic skipjack *Katsuwonus pelamis* L. of Minicoy. In: Proceedings of the Symp. on Scombroid Fishes. Ser. Biol. Assoc. India. 1:725-732.

Ratty, F.J., y R.M. Laurs., R.M Kelly. 1989. Testes morphology, histology and spermatogenesis in South Pacific albacore tuna. Paper presented at the Second South Pacific Albacore Research (SPARK) Workshop. 14 – 16 June 1989, Suva, Fiji. S. Pac. Comm., WP/19.

Rodríguez-Gutiérrez, M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. De. A.G.T. México. 79 pp.

Roman-Reyes, J.C. 2000 Hábitos alimenticios del barrilete *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) capturado por la flota atunera mexicana en el Océano Pacífico Oriental durante 1997. Tesis de Maestría en Ciencias Pesqueras. Univ. Aut. de Sinaloa 123 pp.

Rothschild, B.J. 1965. Hypothesis on the origin of exploited skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the eastern and Central Pacific Ocean. Spec. Sci. Rep. U.S. Fish Wild. Serv. (Fish), (512): 20p.

Schaefer, K.M. 1987. Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an eastern Pacific Ocean. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 19 (2) 169-227.

Schaefer, M.B., y C.J. Orange. 1956. Studies on the sexual development and spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in three areas of the eastern Pacific Ocean, by examination of gonads. IATTC. Bull: 1(6): 281-349.

Schopka, S.A. 1971. Vergleichende Untersuchungen zur Fortpflanzungsrate bei Herings- und Kabeljau populationen (*Clupea harengus* L. Und *Gadus morhua* L.) Ber. Dtch. Wiss. Komm. Meeressforsch., 26: 222-226.

Shingu, S.; 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):65-230.

Sokal R.R. y F.J. Rohlf. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos de la investigación biológica. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 832 pp.

Sparre P y S. C. Venema 1992. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO. Documento Técnico de Pesca., No. 306.2 Rev.2 Valparaiso, Escuela de Ciencias del Mar. 1992. 495 pp.

Stéquert, B. 1976. Étude de la maturité sexuelle, de la ponte et de la fécondité du listao (*Katsuwonus pelamis*) de la côte nord-ouest de Madagascar. (A study of sexual maturity, the fertility and spawning of the skipjack (*Katsuwonus pelamis*) of the north-west coast of Madagascar.) (In Fr. Engl. Abstr.) Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Océanogr. 14 : 227-247.

Thomas P. T., y Raju. 1964. Gonadal and abnormalities in scombroid fishes. In: Proceedings of the Symposium on Scombroid Fishes, p 719-724. Mar. Biol.Assoc. India, Symp. Ser. 1.

Uchida, R. N. 1961. Hermaphroditic skipjack. Pac. Sci. 15 294-296.

Uehara S. y M. Shimizu. 1999. Maturity, condition and feeding of stone flounder *Kareius bicoloratus* in Tokio Bay. Natl. Res. Inst. Sci. Sanbashidori, Kochi 780-8010 Japan. Nippon-Suisan-Gakkaishi. Vol. 65, no. 2, pp. 209-215.

Vizziano, D. y N. Beroisi. 1990. Ciclo histológico del ovario de *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801) (Teleostei: Sciaenide). *Biología Pesquera* 19 : 39-47.

Wade, C.B. 1950. Observation on the spawning of Philippine tuna. *Fish. Bull. U.S. Fish Wildl. Serv.*, 51 (57):409-423.

Ware, D.M. 1984. Fitness of different reproductive strategies in teleost fishes. *In*: Potts, G.W. and R.J. Wooton (editors). *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. Academic Press, N.Y.: 349-366.

Wild, A. 1986. Growth of yellowfin tuna *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments. *Inter.Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 18(6): 421-482.

Williamson, G.R. 1970. Little tuna *Eutthy*. *Assoc. for the Advancement of Sci., Tokyo*. U.S. Fish and Wildlife Service, Bureau of Commercial Fisheries, Honolulu. MS. 182-189.

Wilkins, N.P. 1967. Starvation of the herring, *Clupea harengus* L. : Survival and some gross biochemical changes. *Comp. Biochem. Physiol.* 23: 503-518.

Yoshida, H.O. 1964. Skipjack tuna spawning in the Marquesas Island and Tuamotu Archipelago. *U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull.* 65:479-488.

Yuen, H.S.Y. 1955. Maturity and fecundity of bigeye tuna in the Pacific. *U.S. Fish and Wildlife Service Special Scientific Report No.* 150.