

1 00385



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología  
Universidad Nacional Autónoma de México



**«ANÁLISIS DE LA EDAD, CRECIMIENTO,  
ALIMENTACIÓN Y REPRODUCCIÓN DEL  
BARRILETE *Katsuwonus pelamis* (Linneo,  
1758) EN LA BAHÍA DE PETACALCO,  
MÉXICO»**

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
(BIOLOGIA MARINA)**

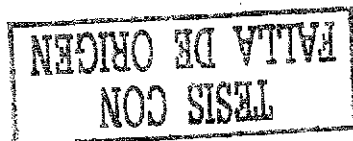
**P R E S E N T A**

**BIOL. ALFREDO GALLARDO TORRES.**

Director de Tesis: Dr. Felipe Amezcua Linares.

Comité Tutorial: Dr. Manuel Gallardo Cabello.  
Dra. Ana Laura Ibañez.  
Dr. Carlos Robinson Mendoza.  
Dra. María del Carmen Uribe.

México, D.F., 2002.





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

## DEDICATORIAS

El presente trabajo esta dedicado a mis padres, Germán Gallardo Tavera y María Luisa Torres Leyva por todas sus enseñanzas y su amor, así como a mi tía Socorro Gallardo Tavera por todo su apoyo.

A mis hermanos Bruno y Fidel por el cariño que existe entre nosotros.

A Maribel, por iluminar mi vida y por el inmenso amor que compartimos.

A mis amigos y compañeros de la maestría, Nelda, Claudia, César y Pedro G. por las cosas que hemos compartido.

---



## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Felipe Amezcua Linares, por la dirección y asesoría del presente trabajo

A los Dres. Ana Laura Ibañez, María del Carmen Uribe, Manuel Gallardo y Carlos Robinson por sus valiosos comentarios, críticas y sugerencias que contribuyeron a enriquecer este trabajo

A la M en C Leticia Verdin Terán por las facilidades y la ayuda para el desarrollo de la parte de histología de este trabajo, así como por su amistad incondicional.

A los M. en C. Zoila Graciela Castillo y Mario Mayen, así como a mis compañeros de laboratorio Rosalina Castillo y Jesús Lozada por su ayuda en la determinación de algunas de las presas durante el análisis de contenido estomacal.

Al M. en C. Pedro Cervantes por sus comentarios y sugerencias para el análisis estadístico.

Al Dr. Sergio Licea y al personal del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria del ICMYL (Chucho, Maru y Ruth), por su ayuda en la toma de las microfotografías.

A la familia Badillo Alemán por su apoyo y ayuda

---



*“Quien no conoce nada, no ama nada. Quien no puede hacer nada, no comprende nada. Quien nada comprende, nada vale. Pero quien comprende también ama, observa, ve... Cuanto mayor es el conocimiento inherente a una cosa, más grande es el amor que se tiene por ella.”*

*PARACELSO*

*“El que va en busca de la verdad sin conocer el arte de encontrarla hace el viaje peor que en vano, porque si antes era ignorante, ahora esta errado”*

*DANTE*

---





## RESUMEN

Con la finalidad de obtener información acerca de la alimentación, edad, crecimiento y reproducción del barrilete, *Katsuwonus pelamis*, en la Bahía de Petacalco, Guerrero, se efectuaron seis muestreos bimensuales entre febrero del 2000 y febrero del 2001. Los organismos fueron capturados utilizando curricán, además de realizar visitas a las cooperativas pesqueras de la región para obtener datos de los organismos que tuvieran en su poder. En total, se obtuvieron datos de 188 organismos con rangos de longitud furcal de 317mm a 576mm y de 530gr a 3100gr de peso. Para el análisis de contenido estomacal se revisaron 125 ejemplares utilizando el índice de importancia relativa (IRI) de Pinkas (1971), que incorpora los métodos numérico, gravimétrico y de frecuencia, encontrando 22 tipos diferentes de presas, siendo los estomatópodos y las larvas de crustáceos las presas más importantes. Se encontró que existen diferencias en la alimentación entre las tallas. Para el estudio de edad y crecimiento se leyeron por triplicado las marcas de crecimiento en 133 vértebras de organismos de diferentes tallas, esas observaciones fueron cotejadas con marcas de crecimiento en 70 espinas dorsales. Se detectaron cinco marcas de crecimiento y se calcularon los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy utilizando diferentes procedimientos. Se considero que el método de Gulland-Holt fue el que dio un mejor ajuste de los datos. Los valores obtenidos fueron:  $L_{\infty}=513\text{mm}$ ,  $W_{\infty}=1971.41\text{ gr}$ ,  $k=0.73$  y  $t_0=-0.58$  en total, para los machos los resultados fueron de:  $L_{\infty}=503\text{mm}$ ,  $W_{\infty}=1906.48\text{ gr}$ ,  $k=0.73$  y  $t_0=-0.49$  y para las hembras fueron de  $L_{\infty}=513\text{mm}$ ,  $W_{\infty}=1964.85\text{ gr}$ ,  $k=0.77$  y  $t_0=-0.30$ . De los resultados obtenidos de la ecuación de crecimiento y comparándolos con los de otros estudios, se sugiere que la población de barrilete de la Bahía de Petacalco, es costera, no oceánica. La relación longitud-peso obtenida para esta especie fue  $W=4.49 \times 10^{-5} * LF^{2.82}$ , para los machos dicha relación fue  $W=4.59 \times 10^{-5} * LF^{2.82}$  y para las hembras fue  $W=3.95 \times 10^{-5} * LF^{2.84}$ . Para los aspectos reproductivos se analizaron 65 machos y 65 hembras obteniéndose una proporción sexual de 1:1; las tallas más pequeñas de individuos maduros fueron de 400mm en hembras y de 433mm en los machos. El índice gonádico indicó que *K. pelamis* se acerca al máximo de su madurez en la Bahía de Petacalco entre los meses de octubre y febrero, pero no lleva a cabo el desove en esta zona. En cuanto a la fecundidad relativa de esta especie, se determinó un valor promedio de 204,000 huevecillos.

## INTRODUCCION

México se encuentra entre los países con mayor costa en el mundo con casi 10,000 Km en el Océano Pacífico, el golfo de California, el golfo de México y el mar Caribe. Este extenso litoral representa una longitud de costa de 6,608Km para el Pacífico mexicano (incluidas las islas del Pacífico y del golfo de California, cuyas costas abarcan aproximadamente 1008Km) y 2611Km de longitud en el Atlántico (incluidas las islas del mar Caribe que representan cerca de 106Km) Su plataforma continental (hasta 200m) corresponde a 153,000Km<sup>2</sup> en el litoral Pacífico y a 235,000Km<sup>2</sup> en el Atlántico

Por tanto, la jurisdicción marina de México que se extiende hasta 200 millas desde sus costas continentales o insulares (zona económica exclusiva) abarca 2,892,000Km<sup>2</sup>, es decir, más del 100% de la totalidad de su porción terrestre (figura 1) (Ruíz, 1993)

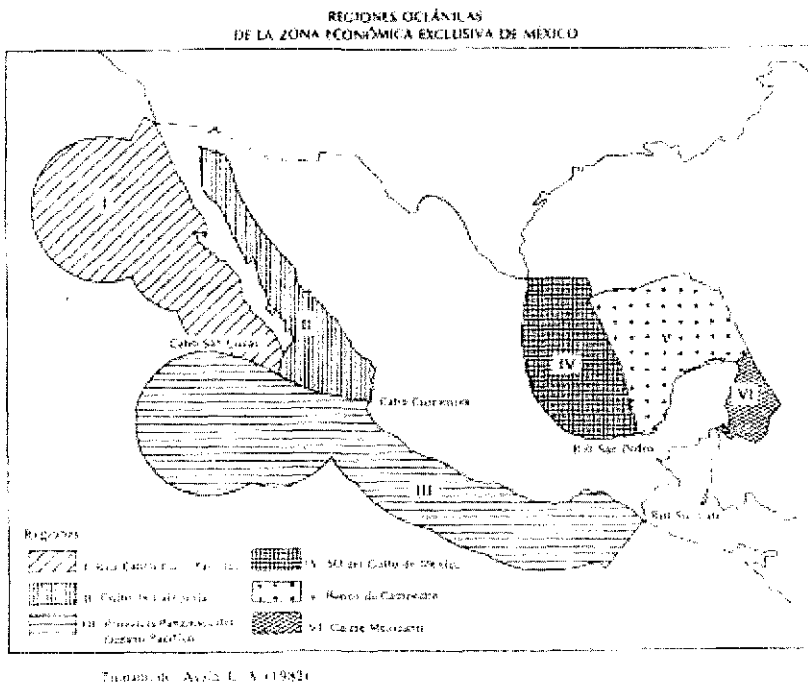


Figura 1 Zona económica exclusiva de México.

Dado que la mayor parte de las aguas que bañan el litoral de la República mexicana son tropicales, sus recursos pesqueros son sumamente diversos. Sin embargo, estas aguas son menos productivas que las de los mares templados o fríos. Esto se debe a que las zonas tropicales se encuentran habitadas por una gran diversidad de especies, pero ninguna de ellas alcanza, por sí sola, elevados volúmenes de biomasa; por el contrario, las aguas templadas o frías no poseen gran diversidad de especies, pero algunas de ellas alcanzan elevados volúmenes de biomasa, como por ejemplo la anchoveta, el arenque, la merluza, el bacalao, etc. Sin embargo, existen especies cosmopolitas que constituyen pesquerías masivas en las zonas tropicales, como es el caso de los atunes (Ruíz, 1993).

Las principales especies de atún están representadas por el atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, el barrilete *Katsuwonus pelamis*, el aleta azul *Thunnus thynnus*, y la albacora *Thunnus alalunga*, que pertenecen a la familia Scombridae y están registrados como los túnidos más abundantes y mejor cotizados en el mercado nacional y de exportación. De estas especies, el barrilete es la que se captura con más frecuencia y en una mayor cantidad en las aguas del Pacífico, aunque el valor económico que alcanza no es muy elevado, ya que por ejemplo, el atún aleta amarilla se cotiza aproximadamente unas siete veces más alto que el barrilete (Comisión Inter-Americana del Atún Tropical, 1997)

El barrilete, *Katsuwonus pelamis*, se encuentra en los océanos tropicales y subtropicales, incluyendo el Pacífico, Atlántico e Índico. También se localiza cerca de las islas Hawaianas, Australia, Japón y el sudeste de Asia (Joseph y Calkins, 1969). Son peces epipelágicos, que usualmente no se encuentran en profundidades mayores a 60 metros y nadan formando grandes cardúmenes a veces en asociación con otras especies de atunes o junto con ballenas y delfines.

La presencia de rayas en el abdomen y la ausencia de marcas en el dorso distinguen al barrilete de otros atunes. Wild y Hampton, (1994), señalan que las hembras y los machos son del mismo tamaño y pueden alcanzar una longitud máxima de 65cm, aunque las tallas más comunes miden de 40 a 50cm, con un peso promedio de 6 Kg (figura 2)

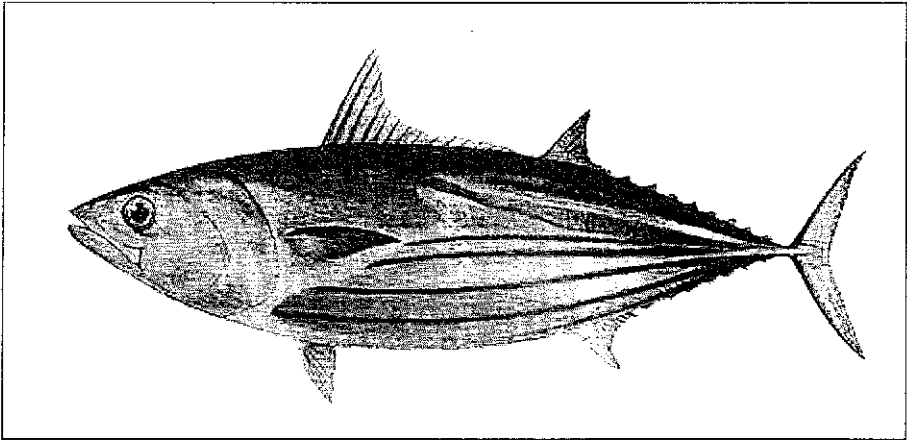


Figura 2 *Katsuwonus pelamis*. Tomado de Fishbase.

El barrilete se alimenta principalmente de peces, calamares y crustáceos, pero se sabe que pueden devorar a organismos pequeños de su propia especie. Debido a su alto metabolismo deben de consumir aproximadamente el 25% de su peso para compensar la pérdida de energía (Jones y Silas, 1963)

Siendo una especie altamente migratoria, algunos estudios han establecido las rutas de migración de este pez en la zona del Pacífico. Los barriletes originarios de la región central del Pacífico, en la zona cercana a Hawaii, migran hacia las costas de América, una porción de éstos, el grupo del Norte, entra a la pesquería de Baja California y las islas Revillagigedo, mientras que el grupo del Sur se dirige hacia las pesquerías de Centroamérica y hasta el norte de Chile. Los peces arriban a las costas de América cuando tienen entre 1 y 1.5 años, para regresar al Pacífico central varios meses después (Wild y Hampton, 1994)

En el Pacífico, el barrilete se encuentra distribuido en latitudes tropicales y subtropicales, generalmente en aguas que superan los 20°C en la superficie. Debido a las corrientes cálidas que fluyen hacia los polos en el océano Pacífico Occidental, ocurren comúnmente entre 40°N y 40°S, aproximadamente, mientras que en el océano Pacífico

Oriental las corrientes frías que fluyen hacia la línea ecuatorial los limitan entre 30°N y 30°S. Se ha reportado excepcionalmente la presencia de barriletes a 50°N en el Pacífico Occidental y 49° en el Oriental, y hasta 49°S a longitud 180° y hasta 35°S en el Pacífico Oriental (figura 3) (Forsbergh, 1989).

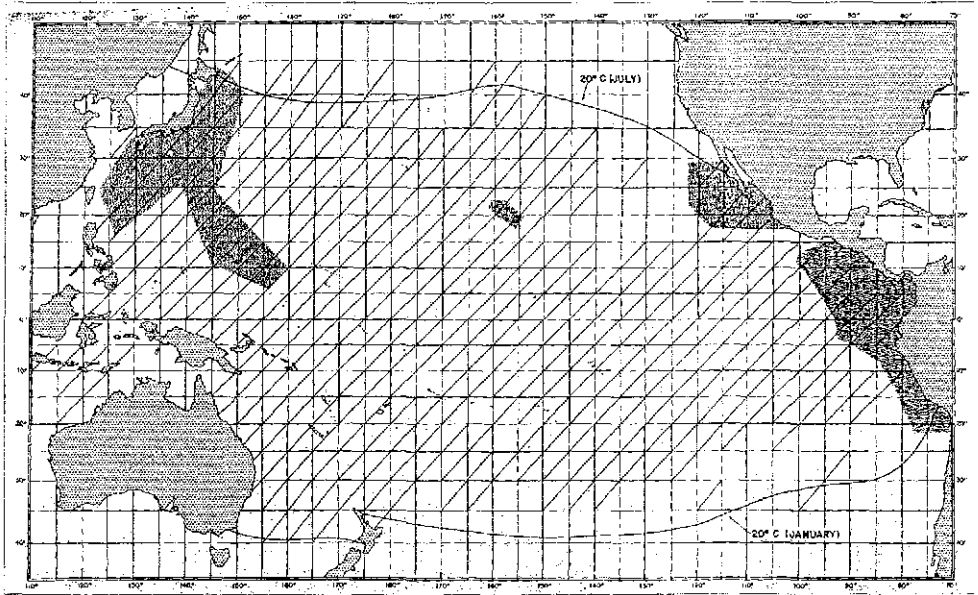


Figura 3. Distribución de *Katsuwonus pelamis* en el Pacífico. Se indican las zonas pesqueras de mayor importancia mundial.

## ANTECEDENTES

Siendo el barrilete una especie de gran importancia económica para las pesquerías, los trabajos que se han realizado sobre esta especie a escala mundial son extensos, destacándose principalmente aquellos dirigidos por la CIAT (Comisión Inter-Americana del Atún Tropical) enfocada a investigar la abundancia, Biología y Ecología de las especies comerciales de atún en las aguas del Pacífico Oriental, la cual inició sus trabajos en 1950. Entre algunos de estos estudios se encuentran los de Joseph y Calkins (1969) que estudian la dinámica poblacional de *Katsuwonus pelamis* en el océano Pacífico Oriental, el de Bayliff (1988), que estima el crecimiento de *K. pelamis* y *Thunnus albacares* en el Pacífico Oriental a partir de datos de marcado y recaptura y el de Forsbergh (1989) que relaciona algunas variables ambientales con la abundancia aparente de *K. pelamis*; además de los informes anuales que emite la comisión

También existen numerosos trabajos realizados acerca del barrilete por investigadores ajenos a la CIAT, entre estos podemos encontrar algunos que se enfocan a aspectos generales de la Biología y Ecología de esta especie, como el de Jones y Silas (1963) que hacen una sinopsis de los datos biológicos del barrilete en el Océano Índico, el de Waldron (1963), que también realiza una sinopsis de los datos biológicos, pero para las aguas del Pacífico, el de Matsumoto (1975), en donde aborda aspectos de la distribución y abundancia relativa en el Pacífico, el de Blackburn *et al.* (1981), que realizan algunas observaciones sobre la distribución de *K. pelamis* en aguas australianas y el de Wild (1994), que también realiza una revisión de los datos biológicos y pesqueros de esta especie en el océano Pacífico.

Otros estudios se han enfocado a aspectos reproductivos y del desarrollo larval de la especie como los de Schaefer y Marr (1948), quienes realizan algunas observaciones del desove y de la descripción de juveniles de *K. pelamis* y del atún aleta amarilla (*Neothunnus macropterus*) en aguas del Pacífico en Centroamérica; Marr (1948), quien también hace observaciones del desove, pero en aguas de las islas Marshall. Wade (1951), hace la descripción de las larvas de varias especies de túnidos, incluido el barrilete, en aguas filipinas. Batts (1972), realiza algunas observaciones acerca de la reproducción de este pez, tales como la madurez sexual y la fecundidad en aguas de

Carolina del Norte, Kaya *et al.* (1982), hacen algunas observaciones acerca de la maduración y ovulación espontánea de ejemplares recién capturados; Báez-Hidalgo y daCosta-Moniz (1984), hacen una descripción histológica de los ovarios maduros de *Katsuwonus pelamis* en aguas cubanas; Báez-Hidalgo (1986), analiza algunos aspectos de las metodologías empleadas para estimar la fecundidad del barrilete, Hunter *et al.* (1986), usan criterios histológicos para determinar la frecuencia del desove en aguas del Pacífico Sur; Cayré y Lalöe (1986), hacen una revisión del índice gonádico y su aplicación en esta especie; Báez-Hidalgo y Bécquer (1994), estiman la fecundidad de *K. pelamis* y *Thunnus atlanticus* en aguas cubanas, Stéquert y Ramcharrun (1995), también estiman la fecundidad, pero para el Oeste del océano Índico y Stéquert y Ramcharrun (1996), que hacen una descripción de los estadios de desarrollo de los ovocitos para el océano Índico.

Otros estudios se han referido a aspectos alimenticios de la especie, como son los de Sund y Richards, (1967), que analizan los hábitos alimenticios de varios tipos de atunes, incluido el barrilete, en aguas del Golfo de Guinea, el de Dragovich y Potthoff (1972) que realizan una comparación de las dietas del barrilete y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en la costa Oeste de Africa y el de Guevara-Carrió (1987), donde presenta resultados de la alimentación del barrilete en la región Nororiental de Cuba

Por otra parte, una gran cantidad de estudios se han dedicado a aspectos de edad y crecimiento, así como a distribuciones de tallas de la especie. Entre estos podemos citar los de Sakagawa *et al.* (1976), en donde analizan la distribución de tallas del barrilete, el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y el atún ojón (*Thunnus obesus*) en las aguas tropicales del Atlántico, Uchiyama y Struhsaker (1981), quienes estiman la edad y el crecimiento de *K. pelamis* y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) por marcas de crecimiento diarias en los otolitos, el de García-Coll *et al.* (1984), donde efectúan una determinación de la edad y el crecimiento para el barrilete y la albacora (*Thunnus atlanticus*) para la región Suroccidental de Cuba, García-Coll y Bosch-Méndez (1986) quienes también determinan edad y crecimiento del barrilete y la albacora, pero para la región Nororiental de Cuba. García-Coll (1987a), quien estima el crecimiento de esta especie en la región Suroccidental de Cuba durante el período de 1979 a 1983, García-Coll (1987b), donde establece la proporción de sexos y las relaciones largo-peso para el barrilete y la albacora en aguas cubanas, García-Coll (1987c), presenta las composiciones



de tallas del barrilete y la albacora en las regiones Suroccidental y Nororiental de Cuba y Wild *et al.* (1995), quienes analizan las tasas de depositación de carbonato de calcio en los otolitos del barrilete y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) usando como marcador oxytetracyclina en aguas del Océano Pacífico. Otros datos de edad y crecimiento se mencionan también en los estudios anteriormente citados que se enfocan a aspectos generales de la Biología y Ecología de la especie

Algunos otros trabajos han relacionado algunas variables físicas y oceanográficas con el barrilete, como el de Barret y Hester (1964), donde analizan la temperatura corporal del barrilete y del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) con relación a la temperatura superficial del mar y el de Lehodey *et al.* (1997), quienes evalúan el impacto que el fenómeno de El Niño ha tenido sobre las poblaciones del barrilete en el Pacífico.

Los estudios que existen sobre el barrilete en México son pocos y tratan principalmente de las estadísticas de captura realizadas por el Instituto Nacional de la Pesca, reportadas principalmente a través de los anuarios estadísticos de pesca, y a la descripción de las zonas de pesca, como en el trabajo de Quiñones *et al.* (1986), en donde se da la distribución de las zonas pesqueras del barrilete y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Pacífico mexicano

En cuanto a tesis a nivel licenciatura en México, estas son también escasas, abarcando aspectos diversos, como la de Orozco-Zavala (1981) en donde analiza algunos aspectos de la Biología del barrilete, Rodríguez-Maldonado, (1986), en la cual analiza la situación de las pesquerías del barrilete y el atún aleta amarilla (*Neothunnus macropus*), Hernández-Mares, (1986), que analiza la captura por unidad de esfuerzo del barrilete y del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Pacífico mexicano, la de Cruz-Paredes (1987), quien analiza la captura y explotación del barrilete y el atún aleta amarilla en aguas del Pacífico Oriental mexicano, Cástillo-Sánchez (1994), quien aborda aspectos parasitarios de la especie en la Bahía de Chamela, Jalisco y Torres-Aguilar, (1999), quien determina la edad del barrilete utilizando vértebras

---

## JUSTIFICACIÓN

El barrilete es una especie considerada como una importante fuente potencial de materia prima. Las capturas de barrilete han superado las de otras especies de atunes desde hace muchos años. En el Océano Pacífico el barrilete formó el 48%, 56%, 49%, 52% y 53% en 1990, 1991, 1992, 1993 y 1994 de la captura total respectivamente (Comisión Inter-Americana del Atún Tropical, 1997). A pesar de esto, el barrilete es menos explotado que la mayoría de las demás especies comerciales de atunes, y se cree generalmente que el reclutamiento del barrilete no ha sido afectado por la reducción en la abundancia de los reproductores debido a la pesca, por lo que se puede afirmar con bastante certeza que ha sido subexplotado en el Océano Pacífico Oriental (Comisión Inter-Americana del Atún Tropical, 1997). Sin embargo, esta situación podría cambiar, y es por lo tanto importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el medio ambiente.

Los análisis que se han realizado de esta especie en cuanto al crecimiento han arrojado resultados muy diversos en función de las técnicas que se empleen para obtener los datos de edad de los peces (Wild y Hampton, 1994). Los métodos que se han considerado más confiables para medir el crecimiento en atunes, han sido los de marcado y recaptura y los de progresión modal de frecuencia de longitud. Sin embargo, con estos métodos no se obtienen determinaciones directas de la edad de los organismos, además de que presentan otras limitaciones, como puede ser el aumento de la tasa de mortalidad o la gran variabilidad en los resultados, además, tradicionalmente se han utilizado organismos de tallas grandes, derivados de las capturas comerciales, provenientes de poblaciones oceánicas, por lo que los datos para las tallas más pequeñas se han obtenido a través de retrocálculos. Por tal razón, se considera que un método directo, como la lectura de marcas en estructuras duras, da un mejor estimado de la edad y crecimiento ya que el estudio del crecimiento es de importancia fundamental en la Biología pesquera de cualquier especie (Wild y Hampton, 1994).

Por otra parte, algunos aspectos de la Biología reproductiva del barrilete en el Océano Pacífico Oriental no han sido aclarados, ya que se desconoce si existen zonas de reproducción y desove en las aguas costeras de esta zona. Por lo anteriormente expuesto, la necesidad de más trabajos que analicen algunos aspectos básicos de la biología del

barrilete en el Pacífico mexicano se hace evidente, por lo que el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

## OBJETIVO GENERAL

- Aportar información acerca de la Biología y Ecología del barrilete *Katsuwonus pelamis* en aguas de la región de la Bahía de Petacalco en el Pacífico central mexicano

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los hábitos alimentarios, con base en el análisis del contenido estomacal, según la época del año, el intervalo de talla y el sexo.
- Determinar los grupos de edad y estimar los parámetros de crecimiento, utilizando el conteo de marcas de crecimiento en la trigésimoquinta vértebra.
- Evaluar el grado de madurez gonádica de la especie a lo largo del muestreo, por medio de una observación macro y microscópica de las gónadas, así como determinar la fecundidad, la proporción sexual y el índice gonádico.

## CLASIFICACIÓN

La familia Scombridae esta compuesta por 15 géneros que comprenden 49 especies de peces epipelágicos marinos, en los cuales se incluyen las macarelas, las macarelas españolas, los bonitos y los atunes. La familia tiene en dos subfamilias, la Gasterochismatinae y la Scombrinae. Con base en caracteres osteológicos, esta última se ha dividido en dos grupos o tribus: las macarelas y las macarelas españolas, junto con el grupo de los bonitos, en la tribu Sardini y los atunes en la tribu Thunnini. Estos difieren de los Sardini en que poseen un sistema vascular contracorriente subcutáneo que les permite tener temperaturas más elevadas que las del agua circundante. En este aspecto los cuatro géneros de la tribu Thunnini son únicos con relación a todos los otros peces óseos. Los tres miembros más primitivos de la tribu (*Auxis*, *Euthynnus* y *Katsuwonus*) junto con el grupo del aleta amarilla (*Thunnus*), tienen intercambiadores de calor centrales y laterales (Wild y Hampton, 1994).

La posición taxonómica del barrilete, *Katsuwonus pelamis* siguiendo el criterio de Lindberg (1971, en Wild y Hampton, 1994):

<b>Phylum:</b>	Chordata
<b>Subphylum:</b>	Vertebrata
<b>Superclase:</b>	Gnathostomata
<b>Clase:</b>	Teleostomi
<b>Subclase:</b>	Actinopterygii
<b>Orden:</b>	Perciformes
<b>Suborden:</b>	Scombroidei
<b>Familia:</b>	Scombridae
<b>Subfamilia:</b>	Scombrinae
<b>Tribu:</b>	Thunnini
<b>Género:</b>	<i>Katsuwonus</i> Kishinouye, 1915.
<b>Especie:</b>	<i>Katsuwonus pelamis</i> Linneo 1758. ( <i>Scomber pelamis</i> , Linnaeus, Syst. Nat., ed.X, 1758,297)

## SINONIMIAS

Algunas sinonimias de *Katsuwonus pelamis* son:

*Scomber pelamides*, Lacépède 1803

*Euthynnus pelamis*, Deraniyagala, 1933.

*Gymnosarda pelamys*, Barnard, 1925.

*Thynnus pelamys*, Cuvier y Valenciennes, 1831.

## NOMBRES COMUNES

Algunos nombres comunes de *Katsuwonus pelamis*:

Barrilete	Oceanic bonito
Bonito	Lesser tunny
Skipjack	Bonite
Skipjack tuna	Bonite a ventre raye
Striped tuna	Listao
Oceanic skipjack	

## ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la Bahía de Petacalco, perteneciente al estado de Guerrero, el cual tiene un litoral de 500 Km de longitud, que representan el 5% del total nacional y una plataforma continental de 5,402 Km<sup>2</sup> que representan el 1 2% del total del país. La Bahía de Petacalco se encuentra en el municipio de la Unión, al oeste de la capital del estado y se encuentra entre los 18°91' y 18°33' de latitud norte y de los 101°27' y 101°44' de longitud oeste (figura 4). La Unión tiene 140 localidades, sobresaliendo Sta María, El Limoncito, Zacatula, El Naranjito, La Parota, Petacalco, Las Tamacuas y la Unión. Cuenta con una población total de 27,515 habitantes, cuya densidad de población es de 24 hab por Km<sup>2</sup>.

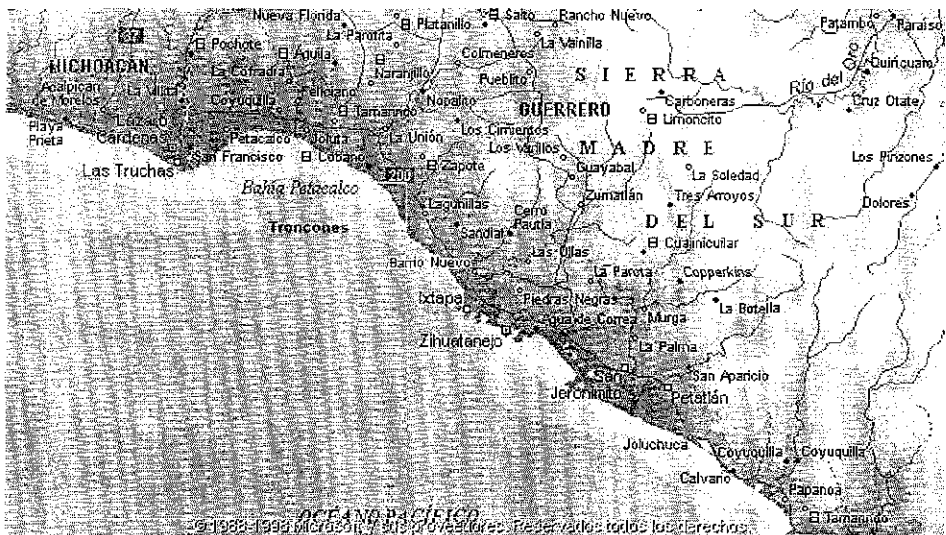


Figura 4 Localización de la Bahía de Petacalco

En la región predominan los climas Aw(w) subhúmedos cálidos con lluvias en verano y subhúmedos semicálidos con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre, con una precipitación promedio de 1025 mm, siendo los meses más calurosos marzo, abril, mayo y junio y una temperatura media anual de 27.5°C. La dirección de los vientos es de Suroeste a Noroeste, sufriendo ocasionalmente el embate de los ciclones

El municipio cuenta con el río Balsas, que sirve de límite entre los estados de Guerrero y Michoacán, recorriendo de Este a Oeste a la entidad, y cuyas aguas se aprovechan en algunas presas. El río Unión es el más importante del municipio, con una cuenca de 1,190 Km<sup>2</sup> y recibe las aguas de los afluentes de El Naranjo, San Cristóbal, Tubería del Valle y San Miguel; se presenta también el río Feliciano que desemboca en el Océano Pacífico y algunos arroyos de caudal permanente como El Lagunillas, los Llanos, Chutla, la Salada, Zorca y Joluta

Esta zona se caracteriza por presentar una estrecha y escarpada plataforma continental de fondos regularmente rocosos y cuyos flancos descienden abruptamente. En general los sedimentos son gruesos cerca de la costa, arenas con algunos manchones de gravas, cantos rodados y peñascos desgastados, mientras que en partes profundas es común encontrar arenas finas, limos y arcillas.

En cuanto a la actividad pesquera, las principales especies que se capturan son el ostión, tilapia, ronco, huachinango, jurel, tiburón sierra, pargo, cocinero y barrilete entre otras.

## METODOLOGÍA

Se efectuaron seis muestreos bimensuales a la Bahía de Petacalco, Guerrero, iniciando en febrero del 2000 y terminando en febrero del 2001. Las fechas de los muestreos se presentan en la siguiente tabla

Tabla1. Muestreos en la Bahía de Petacalco

Muestreo	Fecha del muestreo
1	21-25 de febrero del 2000
2	28-30 de abril del 2000
3	23-26 de junio del 2000
4	28-31 de agosto del 2000
5	26-29 de octubre del 2000
6	19-22 de febrero del 2001

Los organismos fueron capturados utilizando curricán y anzuelos del número 5 y 7. Una vez colectado el material, se tomaron sus datos morfométricos con un ictiómetro graduado en milímetros y una balanza, posteriormente se les extrajeron las gónadas, los estómagos, la primera espina de la aleta dorsal y la parte caudal de los organismos, las cuales fueron fijadas con formol neutro al 10% y se trasladaron al laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en C.U. Por otra parte, también se recorrieron diversas cooperativas pesqueras de la región para medir y pesar a los organismos de la especie que pudieran facilitar.

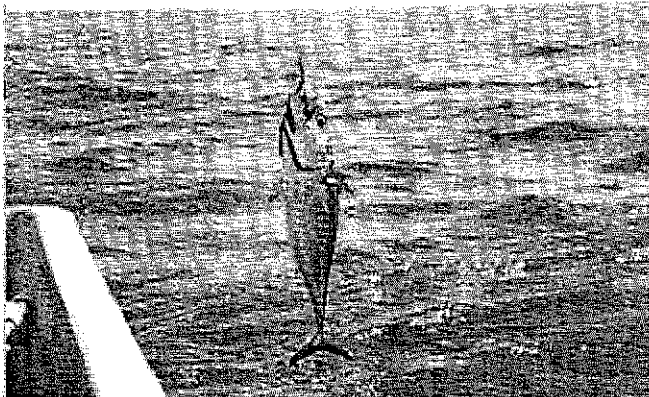


Figura 5. Captura del barrilete.

## Alimentación.-

Se analizó y cuantificó el contenido de los estómagos por el método del índice de importancia relativa de Pinkas *et al* (1971) en el cuál se integran los métodos numérico, gravimétrico y de frecuencia. Este método es útil para interpretar la importancia relativa de algún alimento específico, constituido por elementos de tamaño homogéneo.

El cálculo del índice (**IRI**) se realiza por la suma del porcentaje numérico y el porcentaje gravimétrico (en este caso se sustituyó en vez del porcentaje volumétrico), multiplicados por el valor porcentual de la frecuencia, quedando la siguiente expresión:

$$IRI = F(N+P)$$

Donde **IRI** representa el índice de importancia relativa, **F** representa el porcentaje de frecuencia, **N** el porcentaje numérico y **P** el porcentaje gravimétrico.

Con los resultados obtenidos del IRI se calculó el índice de solapamiento de la dieta de Schoener ( $\alpha$ ) (Wallace, 1981), cuya fórmula es:

$$\alpha = 100 - 0.5(\sum |px_i - py_i|) / 100$$

donde **px<sub>i</sub>** = Proporción de la categoría de alimento *i* en el grupo **x**

**py<sub>i</sub>** = Proporción de la categoría de alimento *i* en el grupo **y**

el cual da valores desde 0 (no solapamiento) hasta 1 (solapamiento completo). Se considera que existe un solapamiento significativo de la dieta cuando el valor del índice es igual o mayor a 0.60. Dicho índice se utilizó para observar las relaciones alimentarias entre los sexos, tallas y muestreos.

Además, en el caso de los sexos, se calculó el índice de correlación por rangos de Spearman, (Johnson y Bhattacharyya, 1992), el cuál nos sirve para observar correlaciones significativas entre la dieta de los machos y las hembras de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$r_{sp} = [\sum \{(R_r - (n+1)/2)\} \{(S_r - ((n+1)/2))\}] / n \cdot (n^2 - 1) / 12$$



este índice puede tener valores desde  $-1$  hasta  $1$ . Valores cercanos a  $1$  indican una tendencia para los valores más grandes de  $R$  a estar asociados con los valores más grandes de  $S$ ; valores cercanos a  $-1$  indican la relación contraria.

### Grupos de edad y crecimiento.-

Para observar los grupos de edad y el crecimiento se utilizó la trigésima quinta vértebra de los organismos, en la parte caudal. La selección de dicha vértebra es porque ha sido usada frecuentemente en otros estudios de edad para otros atunes (Berry *et al*, 1977, Hunt, 1978, Farber y Lee 1981 y Lee *et al* 1983; en Prince *et al* 1985). Para determinar que dicha estructura refleja de manera adecuada el crecimiento corporal se realizó un análisis de regresión lineal entre el diámetro de la vértebra y la longitud furcal de los organismos. Posteriormente, la vértebra se limpió en hidróxido de sodio al 5% durante tres días, posteriormente fueron enjuagadas con agua y jabón, dejándose secar a temperatura ambiente. Una vez secas las vértebras quedaron listas para su observación, con excepción de algunas vértebras que fueron teñidas con cristal violeta, para poder distinguir las marcas de crecimiento que se aprecian en éstas. Las vértebras fueron examinadas utilizando un microscopio estereoscópico y se estableció un patrón de conteo desde el foco hasta el borde dorsal de la superficie del cono de cada vértebra para estandarizar los conteos. La precisión (es decir, la medida de la repetibilidad o consistencia de las lecturas en una misma vértebra) fue evaluada usando el índice de precisión  $D$  de Chang (1982) en el cual el coeficiente de variación  $V$  es:

$$V = \frac{\sum (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{R}$$

Donde  $X_{ij}$  = edad  $i$  estimada para el pez  $j$ ,  $\bar{X}_j$  = la edad promedio estimada para el pez  $j$  y  $R$  el número de veces que se leyeron las marcas de edad en el pez  $j$ .

Y de ahí se obtiene el índice de precisión  $D$ :

$$D = \frac{1}{\sqrt{V}}$$

Con el fin de validar las lecturas de los anillos de crecimiento en las vértebras, se realizaron lecturas de las marcas de crecimiento en la primera espina dorsal, siguiendo la metodología de Deelder y Willemse (1973), que de acuerdo con García-Coll (1986) es adecuada para el barrilete. Dicho método consiste en obtener la primera espina dorsal,

puliendo la parte basal e iluminándola lateralmente para hacer visibles los anillos de crecimiento. El índice de precisión de Chang también fue aplicado a los resultados obtenidos con este método y se compararon con los obtenidos de las lecturas de las vértebras, además de realizar una prueba t para muestras emparejadas.

Se utilizó la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938), que se expresa de la siguiente manera:

$$Lt = L_{\infty} * (1 - \exp^{-k(t-t_0)})$$

Donde  $Lt$  = longitud teórica del organismo a la edad  $t$

$L_{\infty}$  = Longitud asintótica

$k$  = Índice catabólico

$t_0$  = Edad a la talla 0.

Los parámetros de dicha ecuación se obtuvieron de acuerdo con el método de Gulland-Holt (Sparre 1995). Además se calcularon también los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy por los métodos de Ford-Walford (Sparre, *op cit*) von Bertalanffy (Sparre *op cit*), Bayley (1977), Tomlinson y Abramson (1961), Munro (1982), y Stamatopoulos y Caddy (1989) La exactitud de los diferentes métodos se calculó como un porcentaje de error absoluto (PE) para los valores de  $L_{\infty}$  y  $k$  (Sundberg, 1984):

$$PE = ABS[(valor predicho del parámetro - valor estimado)/valor predicho] * 100$$

Considerando como el valor predicho los parámetros obtenidos con el método que tuviera la menor suma de las diferencias al cuadrado entre los valores de las tallas observadas y las obtenidas por los distintos métodos

Los parámetros obtenidos del modelo de crecimiento de von Bertalanffy fueron comparados con aquellos reportados en la literatura usando el índice de representación del crecimiento  $\phi$ , de Pauly y Munro, 1984, (citado en Venema *et al* 1988) cuya fórmula es:

$$\phi = \log k + 2 \log L_{\infty}$$

con los valores de  $L_{\infty}$  en centímetros y  $k$  anual

**Relación Longitud-Peso y factor de condición.**

El crecimiento en los peces también puede ser medido como un incremento en el peso, el cual puede medirse observando la relación longitud-peso. La relación longitud-peso para *Katsuwonus pelamis* puede ser representada como:

$$W = a LF^b$$

Donde  $W$  es el peso en gramos y  $LF$  la longitud furcal en milímetros.

Mediante una transformación logarítmica de la longitud furcal y el peso, queda la ecuación:

$$\text{Log } W = b \text{ Log } LF + a$$

la cual fue resuelta por el método de mínimos cuadrados para poder obtener el coeficiente de alometría  $b$ , el cuál es específico e incluso puede variar de región a región (Bagenal y Tesch, 1978). Las regresiones obtenidas fueron comparadas mediante un análisis de covarianza (Zar, 1996), para ver si existían diferencias significativas entre los sexos

Posteriormente se calculó el factor de condición de Fulton para machos y hembras de acuerdo con la siguiente expresión:

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

Donde  $K$  es el factor de condición,  $P$  es el peso en gramos y  $L$  la longitud furcal.

**Crecimiento en peso.**

Se calculó el crecimiento en peso transformando la ecuación de von Bertalanffy y utilizando el coeficiente de alometría de la relación longitud-peso de acuerdo con la siguiente formula:

$$Wt = W_{\infty} * [1 - \exp^{-k(t-t_0)}]^{2.82}$$

Donde  $Wt$  = Peso teórico del organismo a la edad  $t$

$W_{\infty}$  = Peso asintótico

$k$  = Índice catabólico

2.82 = Coeficiente de alometría de la relación longitud-peso.

## Reproducción.-

Las gónadas extraídas tanto de machos como de hembras de *Katsuwonus pelamis* fueron pesadas en una balanza analítica, y medidas con un vernier. Se utilizó la escala de Orange (1961), modificada y citada por Batts (1972), para determinar visualmente el estadio de madurez gonádica de machos y hembras (Apéndice II).

Posteriormente se calculó el índice gonádico de Schaefer y Orange (1956) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$I.G. = W/L^3 \times 10^8$$

Donde  $W$  = peso fresco de los dos ovarios en gramos,  $L^3$  = el cubo de la longitud en mm y  $10^8$  es un factor que se utiliza de acuerdo con las unidades, en este caso gramos y milímetros.

El índice gonádico nos indica el grado de madurez sexual de un pez y nos permite compararlo con los resultados obtenidos del examen visual e histológico de las gónadas

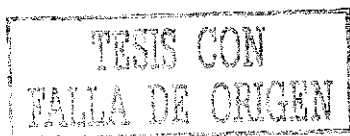
Para calcular la fecundidad se utilizó el procedimiento descrito por Batts (1972), en donde la fecundidad se determina con hembras maduras, seleccionando un ovario de éstas y pesándolo. El ovario seleccionado se colocó en un recipiente con agua donde se hirvió durante veinte minutos para separar el estroma ovárico y poder obtener los ovocitos, los cuales fueron pesados con una balanza analítica. Se obtuvieron muestras de ovocitos de 0.4-0.6 g, contando el número de ovocitos en estas muestras. El número estimado de huevecillos fue obtenido de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Y = (W/Wi) * (Wi'/w * y)$$

Donde  $Y$  = número estimado de huevecillos en ambos ovarios,  $W$  = peso de ambos ovarios,  $Wi$  = peso del ovario seleccionado,  $Wi'$  = peso del ovario seleccionado después de extraer los tejidos de la pared ovárica,  $w$  = peso de la muestra de ovocitos y  $y$  = número de ovocitos en dicha muestra.

Posteriormente se realizó el análisis histológico de las gónadas someténdolas a la técnica histológica de rutina, la cual consiste en: fijación en formol al 10%, lavado en agua durante una hora, deshidratación en alcoholes graduales desde el 70% hasta el 100%,

una hora en cada uno. Después se colocaron en alcohol amílico durante doce horas para aclararlas (Verdín *et al*, 1995). Posteriormente se infiltraron con dos cambios de parafina a 60°C, durante una hora en cada una para finalmente incluirlas en parafina. Los bloques obtenidos fueron cortados con un microtomo de rotación a 5 y 8 micras. Dichos cortes fueron teñidos con la técnica de hematoxilina-eosina. Finalmente las laminillas se observaron y fotografiaron en un fotomicroscopio óptico marca Zeiss.



## RESULTADOS

Durante los seis muestreos se obtuvieron datos de 188 organismos, en rangos de tallas de 317mm a 567mm de longitud furcal y de peso de 530gr a 3100gr. De estos, 65 fueron machos y 65 hembras, 4 organismos no fueron determinados y los datos de sexo de los otros 54 organismos no fueron obtenidos por ser organismos pertenecientes a cooperativas pesqueras de la región, por lo que no fue posible disectarlos para observar la gónada. Los rangos de talla y peso de machos, hembras y no determinados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Rangos de talla y peso de *Katsuwonus pelamis* en la Bahía de Petacalco.

Sexo	Número	Longitud furcal (mm)	Longitud patrón (mm)	Peso (gr)
Machos	65	326-560	310-539	570-3100
Hembras	65	317-546	295-509	530-2525
No determinados	4	323-430	312-405	550-1170

### Análisis de contenido estomacal.

Para el análisis de contenido estomacal se examinaron 125 estómagos de ejemplares de *Katsuwonus pelamis* de diversas tallas (tabla 3), de los cuales, 65 fueron de machos y 60 de hembras, de estos, 31 no presentaron ningún tipo de alimento en su interior.

Tabla 3. Clases de tallas de los ejemplares de *K. pelamis* destinados para el análisis del contenido estomacal.

Talla	Machos	Hembras
317-417	6	5
418-467	24	23
468-517	18	16
518-567	17	16
Total	65	60

Se encontraron un total de 22 grupos de presas en los estómagos del barrilete, de las cuales 9 fueron de crustáceos, 5 de peces, 7 de moluscos (en los Gastrópodos se incluyen ejemplares de la familia Thiaridae, *Thiara tuberculata*, Nassariidae y Naticidae, pero por sus bajos valores de IIR se manejaron como un sólo grupo), además de la materia vegetal.

Los resultados del análisis de contenido estomacal total se presentan en la tabla 4, donde puede apreciarse que los Stomatopoda presentaron el IIR más alto con un valor de 1290.9, seguidos por las larvas megalopas con un valor de 863.5 y las larvas de pez y *Opistonema sp.* con valores de IIR de 434.7 y 413.2 respectivamente. Por otra parte, puede verse que las presas que se consumen de manera ocasional son los Isopoda, *Leptocheila sp.*, *Pleuroncodes sp.* y la materia vegetal con valores de IIR de 0.13, 0.25, 0.26 y 0.59 respectivamente

Tabla 4. Resultados del análisis de contenido estomacal de *Katsuwonus pelamis*

PRESAS	% NUMERICO	% FRECUENCIA	% PESO	IIR
Stomatopoda	28.83939039	39.36170213	3.958015	1290.962
Larvas megalopas	40.32825322	19.14893617	4.768892	863.5623
Larvas de pez	14.12661196	22.34042553	5.333787	434.7536
<i>Opistonema sp.</i>	1.289566237	9.574468085	41.87487	413.2765
Restos de peces	0.937866354	15.95744681	11.137	192.684
Decapoda	4.747948417	14.89361702	0.323121	75.52656
Larvas zoeas	2.813599062	17.0212766	0.50369	56.46449
<i>Hemiramphus sp.</i>	0.234466589	2.127659574	19.70894	42.43278
<i>Loligo sp.</i>	1.582649472	3.191489362	4.790244	20.33902
Brachyura	1.406799531	8.510638298	0.600106	17.08005
Octopoda	0.117233294	1.063829787	5.992225	6.499423
Restos de crustaceos	0.41031653	7.446808511	0.481623	6.642102
Gastropoda	0.586166471	4.255319149	0.033214	2.63566
Larvas de langosta	0.351699883	4.255319149	0.128311	2.042601
Huevos de pez	0.351699883	4.255319149	0.025136	1.603555
Restos de calamar	0.175849941	3.191489362	0.165042	1.087955
Materia vegetal	0.117233294	2.127659574	0.160411	0.590733
<i>Pleuroncodes sp.</i>	0.117233294	2.127659574	0.005762	0.261693
<i>Leptocheila sp.</i>	0.117233294	2.127659574	0.004136	0.258233
Isopoda	0.117233294	1.063829787	0.00548	0.130546

En cuanto al análisis por sexos, el índice de solapamiento de la dieta de Schoener dio un valor de 0.48, lo que nos indica que la dieta de machos y hembras es diferente, ya que no presentan un solapamiento significativo. Además, el valor del índice de correlación de Spearman fue de 0.65, lo que no es una correlación muy alta.

La tabla 5 muestra los resultados para los machos y en ésta se observa que las presas que tuvieron los mayores IIR fueron las larvas de peces con 895.307, *Opistonema sp.* con 771, Stomatopoda con 593.8 y las larvas megalopas con 591. Las presas de menor IIR fueron las larvas de langosta y *Leptocheila sp.* ambas con 0.34.

Tabla 5 Análisis de contenido estomacal de machos de *K. pelamis*

PRESAS	% NUMERICO	% PESO	% FRECUENCIA	IIR
<i>Loligo sp.</i>	4.31	6.48	3.92	42.31
<i>Opistonema sp.</i>	1.99	63.61	11.76	771.73
<i>Hemiramphus sp.</i>	0.17	12.22	1.96	24.29
Restos de peces	0.83	3.90	9.80	46.39
Huevos de pez	0.17	0.04	1.96	0.40
Larvas de pez	28.36	6.77	25.49	895.31
Larvas de langosta	0.17	0.01	1.96	0.35
Larvas zoeas	2.49	0.23	13.73	37.31
Decapoda	4.15	0.11	13.73	58.46
Stomatopoda	19.24	2.40	27.45	593.88
Brachyura	1.16	1.00	7.84	16.95
Larvas megalopas	31.34	2.15	17.65	591.03
Gastropoda	1.66	0.06	7.84	13.46
Restos de crustaceos	1.00	0.81	11.76	21.18
Restos de calamar	0.17	0.01	1.96	0.35
<i>Leptocheila sp.</i>	0.33	0.01	3.92	1.33
Materia vegetal	0.17	0.21	1.96	0.73

En contraste, en las hembras (tabla 6) las presas con mayor IIR fueron las larvas megalopas, los Stomatopoda y los restos de peces con valores de 1398.3, 388.1 y 362.4 respectivamente, mientras que las que tuvieron los menores IIR fueron la materia vegetal y los restos de crustáceos con 0.58 y 0.41 cada uno.

Tabla 6 Análisis de contenido estomacal de hembras de *K. pelamis*.

PRESAS	% NUMERICO	% PESO	% FRECUENCIA	IIR
<i>Loligo sp.</i>	0.13	3.02	2.33	7.32
Octopoda	0.26	17.34	2.33	40.92
<i>Opistonema sp.</i>	0.13	3.58	2.33	8.63
<i>Hemiramphus sp.</i>	0.39	36.56	2.33	85.95
Restos de peces	1.70	20.56	16.28	362.49
Larvas de pez	8.91	3.84	16.28	207.59
Larvas de langosta	0.66	0.35	6.98	7.03
Larvas zoeas	3.80	0.85	13.95	64.95
Decapoda	7.08	0.74	13.95	109.04
<i>Pleuoncodes sp.</i>	0.26	0.02	4.65	1.30
Stomatopoda	8.13	2.30	37.21	388.11
Brachyura	2.10	0.06	6.98	15.04
Larvas megalopas	65.01	10.16	18.60	1398.36
Restos de crustaceos	0.13	0.05	2.33	0.41
Restos de calamar	0.26	0.46	4.65	3.35
Materia vegetal	0.13	0.12	2.33	0.58



Las gráficas con los resultados porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico y de frecuencia para machos y hembras se presentan en el apéndice I

Para el análisis por tallas, los organismos fueron divididos en grupos cada 50 o 100 mm de longitud furcal. En el análisis por tallas, los valores del índice de Schoener (tabla 7) no mostraron ningún solapamiento significativo entre la dieta de las distintas tallas.

Tabla 7. Valores del índice de solapamiento de la dieta de Schoener para las diferentes tallas de *K pelamis*.

Tallas (mm)	317-417	418-467	468-517	518-567
317-417	X	0.226192	0.295272	0.244043
418-467	X	X	0.420395	0.474789
468-517	X	X	X	0.33854
518-567	X	X	X	X

En la tabla 8 puede observarse que en la talla 1, las presas con IIR más elevado son los Stomatopoda, los restos de peces y *Opistonema sp.* con 9858.4, 1026.39 y 455.05 cada uno.

Tabla 8. Análisis de contenido estomacal para la talla 1 de *K pelamis*.

PRESAS	% NUMERICO	% PESO	% FRECUENCIA	IIR
<i>Opistonema sp.</i>	0.76	49.29	9.09	455.05
Restos peces	1.53	21.05	45.45	1026.39
Larvas zoeas	1.02	0.97	27.27	54.10
Decapoda	2.04	0.15	18.18	39.67
Stomatopoda	92.11	28.38	81.82	9858.41
Brachyura	0.25	0.01	9.09	2.44
Larvas megalopas	1.78	0.15	9.09	17.54

En la talla 2, las larvas megalopas son las presas con el mayor IIR, siendo este de 3067.22, seguidas de las larvas de peces con 1405.56 y los Stomatopoda con 1015.6. Para la talla 3, las presas con mayor IIR fueron *Opistonema sp.* (694.6), larvas de peces (385.5) y larvas zoeas (262.5), mientras que para la talla 4 los restos de peces fueron los de mayor IIR con 2641.5, seguidos por *Loligo sp.* con 553 y los Brachyura con 170.4 (Tablas 9, 10 y 11)

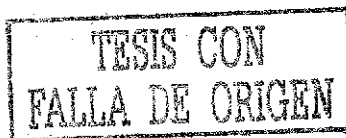


Tabla 9. Análisis de contenido estomacal para la talla 2 de *K. pelamis*.

PRESAS	% NUMERICO	% PESO	% FRECUENCIA	IIR
<i>Opistonema sp.</i>	0.26	42.35	4.88	207.87
Restos de peces	0.35	10.02	7.32	75.88
Larvas de pez	17.55	18.46	39.02	1405.56
Larvas de langosta	0.35	0.17	4.88	2.52
Larvas zoeas	2.53	1.13	14.63	53.66
Decapoda	5.85	0.83	21.95	146.67
<i>Pleuroncodes sp.</i>	0.17	0.02	4.88	0.96
Stomatopoda	10.22	6.43	60.98	1015.06
Brachyura	1.57	0.08	9.76	16.08
Larvas megalopas	59.56	19.03	39.02	3067.22
Gastropoda	0.61	0.09	4.88	3.40
Restos de crustaceos	0.26	0.88	7.32	8.36
Restos de calamar	0.09	0.01	2.44	0.25
<i>Leptocheila sp.</i>	0.17	0.02	4.88	0.93
Materia vegetal	0.09	0.48	2.44	1.37

Tabla 10. Análisis de contenido estomacal para la talla 3 de *K. pelamis*.

PRESAS	% NUMERICO	% PESO	% FRECUENCIA	IIR
<i>Loligo sp.</i>	9.22	6.48	6.90	108.29
Octopoda	1.42	10.08	3.45	39.65
<i>Opistonema sp.</i>	6.38	43.98	13.79	694.70
<i>Hemiramphus sp.</i>	2.84	33.16	6.90	248.24
Restos de peces	4.96	4.16	24.14	220.36
Huevos de pez	2.13	0.04	6.90	14.96
Larvas de pez	26.95	1.00	13.79	385.54
Larvas de langosta	1.42	0.14	6.90	10.78
Larvas zoeas	10.64	0.24	24.14	262.60
Decapoda	4.26	0.17	10.34	45.81
Stomatopoda	8.51	0.28	13.79	121.19
Brachyura	1.42	0.02	6.90	9.95
Larvas megalopas	5.67	0.03	6.90	39.34
Gastropoda	2.13	0.02	6.90	14.81
Restos de crustaceos	2.13	0.17	10.34	23.77
Restos de calamar	0.71	0.01	3.45	2.48

Tabla 11. Análisis de contenido estomacal para la talla 4 de *K. pelamis*.

PRESAS	% NUMERICO	% PESO	% FRECUENCIA	IIR
Larvas de pez	5.41	1.18	11.11	73.15
Restos de peces	21.62	57.62	33.33	2641.55
<i>Opistonema sp.</i>	2.70	15.82	11.11	205.81
<i>Loligo sp.</i>	37.84	11.98	11.11	553.51
Restos de calamar	2.70	1.98	11.11	52.07
isopoda	5.41	0.07	11.11	60.84
Larvas megalopas	8.11	0.20	11.11	92.33
Brachyura	8.11	7.23	11.11	170.44
Restos de crustaceos	2.70	2.03	11.11	52.63
Materia vegetal	2.70	0.52	11.11	35.83

Finalmente, en los resultados por muestreo, sólo se presentó un solapamiento significativo con valor de 0.72 entre los muestreos de agosto del 2000 febrero del 2001 (tabla 12).

Tabla 12. Valores del índice de solapamiento de la dieta de Schoener para los diferentes muestreos.

Muestreo	2	3	4	5	6
1	0.12	0.18	0.21	0.02	0.00
2	X	0.43	0.07	0.26	0.01
3	X	X	0.12	0.22	0.01
4	X	X	X	0.06	<b>0.72</b>
5	X	X	X	X	0.09
6	X	X	X	X	X

En las tablas 13 y 14 se observa que las presas con mayor IIR durante el mes de febrero del 2000 fueron *Opistonema sp.* y *Loligo sp.* con valores de 5761.8 y 1649.6 respectivamente, para el mes de abril del 2000 los restos de peces y los Stomatopoda con 2370.3 y 2294.9 fueron las presas con mayor IIR

Tabla 13. Análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* en febrero del 2000.

PRESAS	% NUMERICO	% FRECUENCIA	% PESO	IIR
<i>Loligo sp.</i>	45.76	21.43	18.34	1373.55
<i>Opistonema sp.</i>	10.17	21.43	72.40	1769.31
Restos de peces	6.78	28.57	8.60	439.56
Huevos de pez	5.08	14.29	0.09	73.97
Larvas de langosta	1.69	7.14	0.20	13.56
Larvas zoeas	13.56	28.57	0.36	397.78

Tabla 14 Resultados del análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* en abril del 2000.

PRESAS	% NUMERICO	% FRECUENCIA	% PESO	IIR
Larvas zoeas	19.05	50.00	11.31	1517.90
Stomatopoda	33.33	50.00	12.57	2294.97
Restos de peces	9.52	50.00	37.88	2370.31
Decapoda	19.05	50.00	25.96	2250.39
Brachyura	9.52	50.00	3.73	662.70
Larvas de langosta	4.76	25.00	8.55	332.81

En el mes de junio del 2000 (tabla 15), nuevamente los Stomatopoda y los restos de peces fueron las presas con mayor IIR, siendo estos de 6365.5 y 1499.6. Para agosto de ese año (tabla 16), las larvas de peces y *Opistonema sp.* tuvieron los más altos valores de IIR con 5761.8 y 1649.6.

Tabla 15 Resultados del análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* para junio del 2000

PRESAS	% NUMERICO	% FRECUENCIA	% PESO	IIR
Stomatopoda	89.27	61.54	14.17	6365.55
Brachyura	1.13	15.38	4.50	86.58
Gastropoda	0.56	7.69	0.06	4.84
Larvas zoeas	1.13	23.08	0.60	39.84
Decapoda	1.13	15.38	0.04	18.07
Restos de crustaceos	0.56	15.38	1.78	36.05
Restos de calamar	0.28	7.69	0.05	2.57
Huevos de pez	0.85	15.38	0.01	13.13
Restos de peces	1.13	30.77	47.61	1499.64
Larvas de pez	0.56	7.69	0.73	9.97
<i>Opistonema sp.</i>	2.54	15.38	30.44	507.47

Tabla 16. Resultados del análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* en agosto del 2000.

PRESAS	% NUMERICO	% FRECUENCIA	% PESO	IIR
Stomatopoda	9.48	40.00	0.89	415.0
Larvas de pez	77.16	60.00	18.88	5761.85
Restos de peces	0.43	5.00	0.45	4.43
Larvas zoeas	0.43	5.00	0.05	2.40
Brachyura	7.76	20.00	0.08	156.75
<i>Opistonema sp.</i>	3.02	20.00	79.46	1649.62
<i>Leptochela sp.</i>	0.86	10.00	0.02	8.79
Materia vegetal	0.43	5.00	0.17	3.00

En octubre del 2000, las larvas megalopas (3438.3) y los Stomatopoda (1004.3) fueron las presas con más alto IIR, y finalmente, en febrero del 2001, las larvas de pez y las larvas megalopas tuvieron los mayores valores de IIR con 9365.3 y 788.3 respectivamente (tablas 17 y 18).

Tabla 17. Resultados del análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* para octubre del 2000

PRESAS	% NUMERICO	% FRECUENCIA	% PESO	IIR
Stomatopoda	14.82	50.00	5.27	1004.35
Isopoda	0.20	2.63	0.02	0.57
Larvas megalopas	68.55	42.11	13.11	3438.31
Restos de peces	0.50	10.53	7.27	81.87
Larvas zoeas	2.82	13.16	0.76	47.09
Octopoda	0.20	2.63	16.54	44.05
Restos de calamar	0.20	5.26	0.44	3.36
<i>Hemiramphus sp.</i>	0.40	5.26	54.39	288.39
<i>Pleuroncodes sp.</i>	0.20	5.26	0.02	1.14
Restos de crustaceos	0.30	7.89	0.61	7.22
Larvas de langosta	0.40	5.26	0.12	2.73
Decapoda	7.36	26.32	0.60	209.47
Gastropoda	0.71	5.26	0.06	4.03
Larvas de pez	2.82	13.16	0.48	43.40
Materia vegetal	0.10	2.63	0.33	1.13

Tabla 18. Resultados del análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* durante febrero del 2001.

PRESA	% NUMERICO	% FRECUENCIA	% PESO	IIR
Gastropoda	2.08	20	0.61	53.92
Larvas zoeas	6.25	20	0.81	141.22
Larvas megalopas	16.67	40	3.04	788.37
Restos de crustaceos	4.17	40	6.11	411.15
Larvas de pez	66.67	60	89.42	9365.31

### Grupos de edad y crecimiento.-

La relación entre el diámetro de la vértebra y la longitud furcal esta descrita por la siguiente ecuación:

$$\text{Diámetro de la vértebra} = 0.0017 \cdot \text{Longitud furcal}^{1.43} \quad (r^2 = 0.87)$$

Como se puede observar de dicha relación, el crecimiento de la vértebra refleja de manera adecuada el crecimiento corporal del barrilete, por lo que se procedió a leer las marcas de crecimiento presentes en estas estructuras.

Se realizaron las lecturas por triplicado de las marcas de crecimiento apreciadas en las vértebras de 133 barriletes de diferentes tallas (figura 6) Hay que señalar que como no se realizó un análisis del tiempo de formación de las marcas de crecimiento, estas se referirán como anillos de crecimiento y no como años.

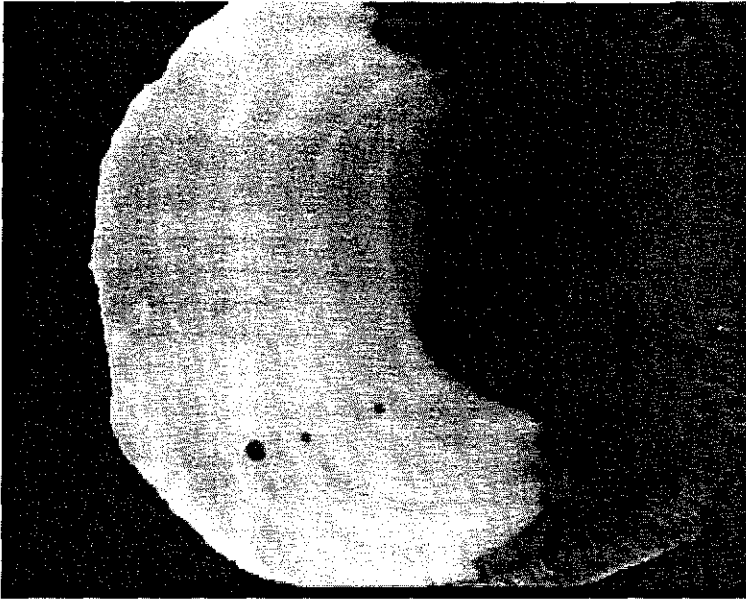


Figura 6. Vértebra de *Katsuwonus pelamis* parcialmente teñida con cristal violeta en donde se aprecian las marcas de crecimiento. 2X.

El resultado del coeficiente de variación  $V$  de esas lecturas fue 0.015, mientras que la medida de la precisión o su repetitibilidad, es decir, el índice de precisión de Chang entre las diferentes lecturas de las vértebras fue de 0.008.

Con los resultados de las lecturas de las marcas en las vértebras se detectaron cinco marcas de crecimiento en el barrilete. La distribución de frecuencias de las clases de tallas con relación al número de anillos se presenta en la tabla 19. En dicha tabla puede observarse una clara progresión conforme se incrementa la talla de los peces.

Tabla 19. Clave talla-número de anillos de *Katsuwonus pelamis*

Clases de tallas (mm)	Número de anillos				
	1	2	3	4	5
316-366	9	0	0	0	0
367-417	1	1	0	0	0
418-468	0	12	31	14	1
469-519	0	1	5	19	18
520-570	0	0	0	3	9

Para cada anillo y para los sexos se calcularon los rangos de tallas, así como los puntos medios de los rangos, los cuales se presentan en las tablas 20, 21 y 22:

Tabla 20. Rangos de tallas encontrados en *Katsuwonus pelamis*.

Anillo (número)	Rango (longitud furcal mm)	Punto medio del rango (mm)
1	317-386	351.5
2	400-494	447
3	426-497	461.5
4	438-543	490.5
5	465-560	512.5

Tabla 21 Rangos de tallas encontrados en machos de *Katsuwonus pelamis*

Anillo (número)	Rango (longitud furcal mm)	Punto medio del rango (mm)
1	326-341	333.5
2	400-494	447
3	433-497	465
4	438-514	476
5	465-560	512.5

Tabla 22. Rangos de tallas encontrados en hembras de *Katsuwonus pelamis*.

Anillo (número)	Rango (longitud furcal mm)	Punto medio del rango (mm)
1	317-333	325
2	427-452	439.5
3	426-481	453.5
4	449-541	495
5	480-546	513

Con los puntos medios de los rangos se estimaron los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy por siete diferentes métodos para los resultados totales y por cinco diferentes métodos para los dos sexos, cuyos resultados se presentan en las tablas 23, 24 y 25. Para decidir cual método dio el mejor ajuste de los datos se obtuvo la suma de las diferencias al cuadrado entre las longitudes observadas y las estimadas por los distintos métodos (tabla 23), obteniéndose que el método de Gulland-Holt fue el que dio un mejor ajuste de los datos por presentar el valor más bajo de la suma de las diferencias al cuadrado. Para los resultados totales, el método de Gulland-Holt dio valores de  $L_{\infty}$  de 513 mm, con  $k$  de 0.73 y  $t_0$  de  $-0.58$ . Sustituyendo esos valores en la ecuación de crecimiento tenemos que *K. pelamis* alcanzaría la talla de  $L_{\infty}$  al noveno anillo.

Para los machos los valores de la ecuación de von Bertalanffy fueron  $L_{\infty} = 503\text{mm}$ ,  $k = 0.73$  y  $t_0 = -0.49$ , mientras que para las hembras los valores fueron:  $L_{\infty} = 513\text{ mm}$ ,  $k = 0.77$  y  $t_0 = -0.30$ . Un análisis de varianza entre los valores de crecimiento obtenidos para machos y hembras ( $L_{\infty}$ ,  $k$ ,  $t_0$ , y  $W_{\infty}$ ) mostró que no existen diferencias significativas entre estos ( $\alpha = 0.05$ ,  $P = 0.29$ ).

Al comparar los porcentajes de error absoluto de los estimados de  $L_{\infty}$  y  $k$  de los diferentes métodos (tabla 26) se encontró que el procedimiento de Ford-Walford tuvo un porcentaje de error más bajo que el resto, para  $L_{\infty}$  con respecto al método elegido, seguido de los métodos de Tomlinson y Stamatopoulos, mientras que el procedimiento de von Bertalanffy presentó el porcentaje de error absoluto más alto para  $L_{\infty}$ . En cuanto al porcentaje de error absoluto de  $k$ , se encontró que los métodos de von Bertalanffy y Tomlinson tuvieron los porcentajes de error absoluto más bajos, mientras que los métodos de Bayley y Munro presentaron porcentajes de error mayores que el resto de los métodos.



Tabla 23. Parámetros de la ecuación de von Bertalanffy y longitudes estimadas para los diferentes anillos en *Katsuwonus pelamis* obtenidos por diferentes métodos. Se indica el resultado de la suma de las diferencias al cuadrado con respecto a las tallas observadas.

Método	Gulland-Holt	Tomlinson	Ford-Walford	Bayley	Stamatopoulos	Munro	von Bertalanffy
Linf (mm)	512.91	507.02	507.82	495	518.44	540	560
k	0.73	0.81	0.85	0.93	0.64	0.58	0.74
t <sub>0</sub>	-0.59	-0.49	-0.38	-0.42	-1.02	-0.50	-0.44
Anillo (No.)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)
1	351.50	356.17	351.50	362.99	375.88	313.75	371.18
2	435.09	440.23	441.13	442.86	443.27	413.51	470.16
3	475.40	477.45	479.37	474.40	478.81	469.29	517.25
4	494.83	493.93	498.67	486.86	497.54	500.47	539.66
5	504.19	501.22	502.64	491.79	507.42	517.90	550.32
Σdif <sup>2</sup>	429	467	522	738	1039	2725	8009

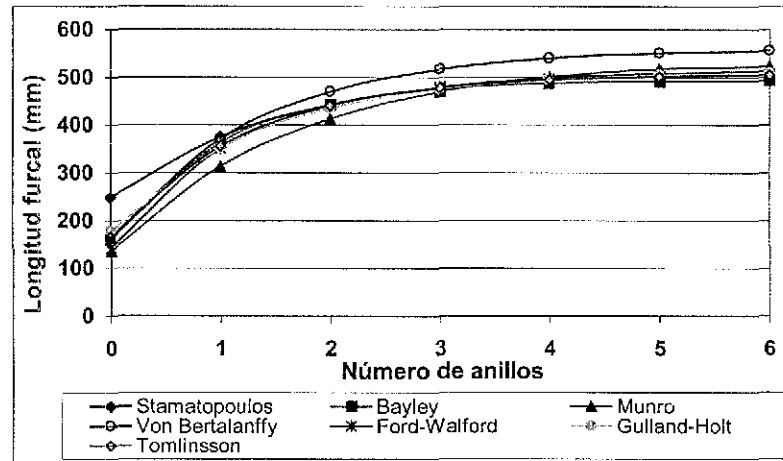


Figura 7. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy para *Katsuwonus pelamis* obtenidas por diferentes métodos.

Tabla 24. Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y longitudes estimadas para los diferentes anillos en machos de *K. pelamis* obtenidos por diferentes métodos.

Método	Gulland-Holt	Tomlinsson	Stamatopoulos	Munro	von Bertalanffy
Linf (mm)	503.46	509.38	514.41	550.00	560.00
k	0.73	0.77	0.69	0.44	0.70
t <sub>0</sub>	-0.49	-0.56	-1.03	-1.16	-0.49
Anillo (No.)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)
1	334.00	356.80	388.02	338.19	362.84
2	421.76	438.80	451.01	413.73	462.11
3	464.07	476.73	482.61	462.33	511.40
4	484.47	494.28	498.46	493.60	535.87
5	494.31	502.39	506.41	513.72	548.02

Tabla 25. Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y longitudes estimadas para los diferentes anillos en hembras de *K. pelamis* obtenidos por diferentes métodos.

Método	Gulland-Holt	Tomlinsson	Stamatopoulos	Munro	von Bertalanffy
Linf (mm)	513.10	506.97	519.35	530.00	546.00
k	0.77	0.82	0.69	0.62	0.54
t <sub>0</sub>	-0.30	-0.49	-0.59	-0.48	-0.84
Anillo (No.)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)	Lt (mm)
1	325	356.1534447	346.4255761	318.691068	343.7854097
2	425.9389476	440.2625718	432.6152472	416.605597	428.1358934
3	472.7123022	477.4651132	475.8459237	469.149327	477.300963
4	494.3862621	493.9202725	497.5293964	497.345792	505.9576341
5	504.4295986	501.1985997	508.4053074	512.47682	522.6606471

Tabla 26. Porcentajes de error absoluto de los diferentes métodos utilizados para obtener los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

Método	Ford-Walford	Tomlinsson	Bayley	Stamatopoulos	Munro	von Bertalanffy
Linf	1.01	1.17	3.51	1.06	5.26	9.16
k	16.76	11.68	27.32	12.28	20.30	1.80

Como una forma de comprobar las estimaciones de las lecturas de los anillos hechas en vértebras de barrilete, se realizó la lectura de las marcas de crecimiento en la primera espina dorsal de 70 organismos de *Katsuwonus pelamis*

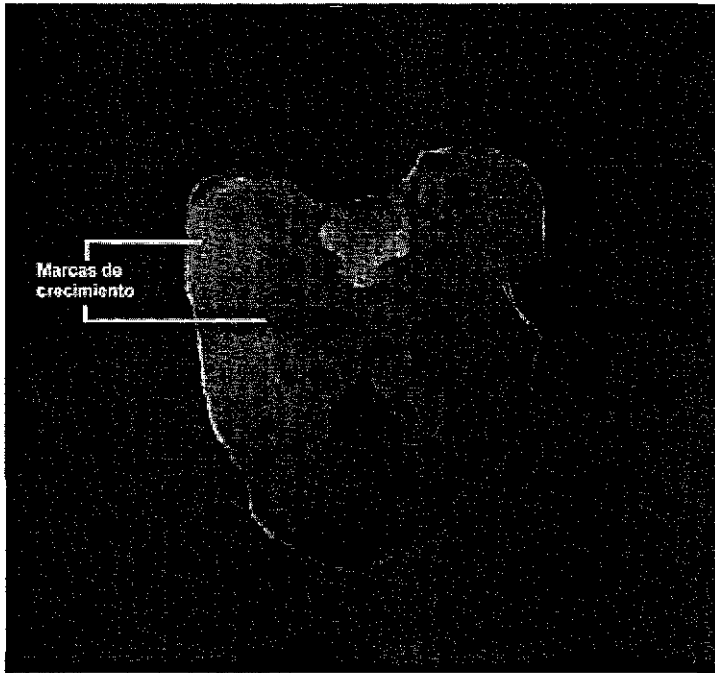


Figura 8. Espina dorsal de *K. pelamis* en donde se observan las marcas de crecimiento. 4X

A dichas lecturas se les calculó con respecto a las lecturas de las vértebras el coeficiente de variación  $V$ , el cuál tuvo un valor de 0.06 y el índice de precisión de Chang,  $D$ , el cuál tuvo un valor de 0.04.

En el resultado de la prueba  $t$  para medias de dos muestras emparejadas, no existen diferencias significativas entre las lecturas de las vértebras y las espinas ( $\alpha = 0.05$ ,  $P = 0.17$ ).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Relación Longitud-peso.

Se calcularon las relaciones longitud furcal-peso para ambos sexos y totales del barrilete, cuyas ecuaciones obtenidas se presentan a continuación:

<b>Total</b>	<b>Peso = <math>4.49 \times 10^{-5} \times \text{Longitud furcal}^{2.82}</math> (<math>r^2 = 0.77</math>)</b>
<b>Machos</b>	<b>Peso = <math>4.59 \times 10^{-5} \times \text{Longitud furcal}^{2.82}</math> (<math>r^2 = 0.82</math>)</b>
<b>Hembras</b>	<b>Peso = <math>3.95 \times 10^{-5} \times \text{Longitud furcal}^{2.84}</math> (<math>r^2 = 0.72</math>)</b>

Los resultados del análisis de covarianza ( $\alpha = 0.05$ ) indicaron que no existe diferencia significativa entre los valores obtenidos de la relación longitud-peso para machos y hembras de *Katsuwonus pelamis*.

### Factor de condición

El factor de condición nos permite observar y comparar el estado o buena condición de los peces, para *K. pelamis* el valor del factor de condición osciló entre valores de 0.6840 en febrero del 2001 hasta 2.3433 en febrero del 2000, con un promedio de 1.5405 (Figura 9).

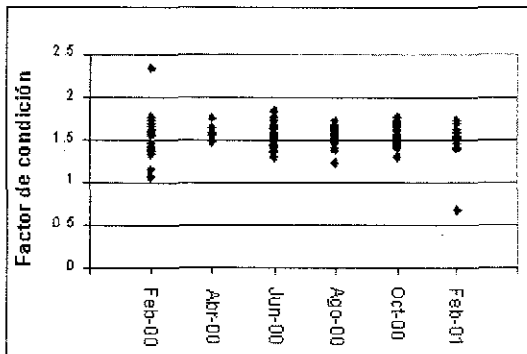
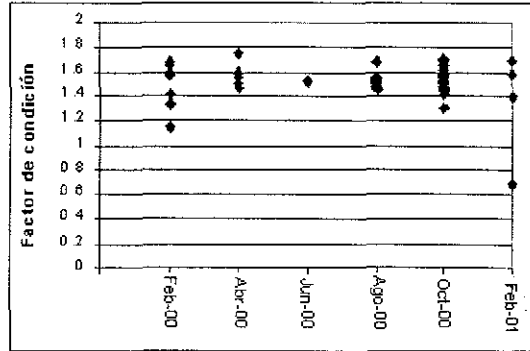
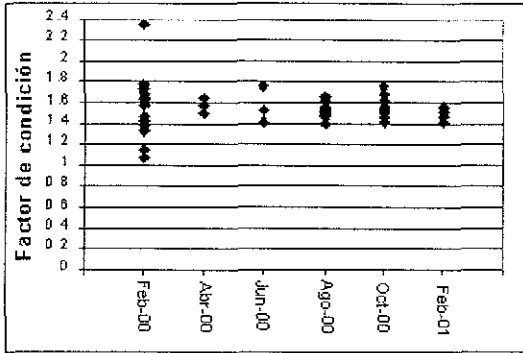


Figura 9 Valores del factor de condición obtenidos para *K. pelamis* en los diferentes muestreos

Para los machos el factor de condición se encontró entre 1.0697 en febrero del 2001 hasta 2.3433 en febrero del 2000, con un promedio de 1.5480, mientras que para las hembras el factor de condición tuvo valores entre 0.6840 en febrero del 2001 y 1.7470 en abril del 2000, con un promedio de 1.5171 (Figuras 10 y 11). De estos resultados podemos inferir que los peces tuvieron una mejor condición durante el mes de febrero del 2000,

como consecuencia del desarrollo gonádico avanzado tanto en hembras como en machos durante este periodo.



Figuras 10 y 11. Valores del factor de condición en machos y hembras, respectivamente, de *K. pelamis* en los diferentes muestreos.

### Crecimiento en peso.

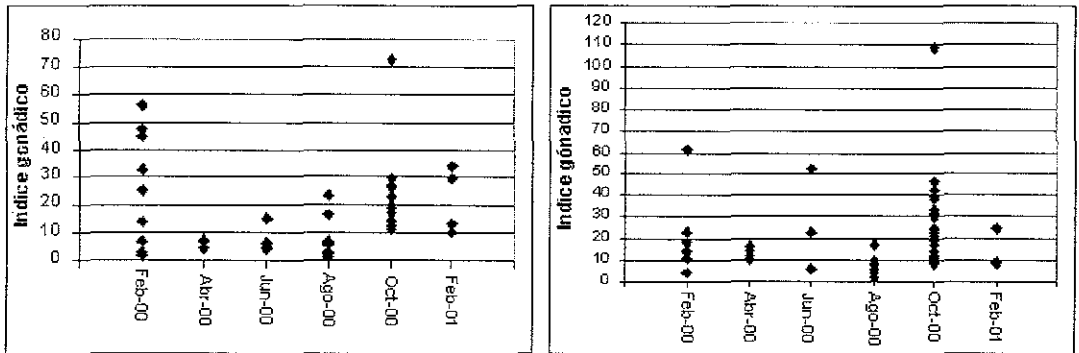
Al transformar la ecuación de von Bertalanffy a peso en gramos, utilizando el coeficiente de alometría de 2.82 se obtuvo un valor total de  $W_{\infty}$  de 1971.41 gr, para los machos el valor de  $W_{\infty}$  fue de 1906.4 gr, usando un coeficiente de alometría de 2.82, para las hembras  $W_{\infty}$  tuvo un valor de 1964.85 gr, utilizando un coeficiente de alometría de 2.84. Los pesos calculados para los diferentes anillos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 27 Valores de peso calculados para las diferentes edades de *K. pelamis* de la Bahía de Petalcalco

Anillo (No.)	Wt Total (gr)	Wt Machos (gr)	Wt Hembras (gr)
0	99.99	64.36	22.20
1	679.39	598.30	534.96
2	1239.72	1156.64	1156.83
3	1591.40	1515.05	1556.37
4	1781.66	1710.61	1768.05
5	1878.38	1810.38	1872.06
6	1926.20	1859.77	1921.53

## REPRODUCCION

Se analizaron 65 machos y 65 hembras de *Katsuwonus pelamis* estableciéndose una proporción sexual de 1:1. En los resultados del índice gonadosomático se encontraron dos picos, tanto para machos y hembras, uno durante febrero del 2000 y otro en octubre de ese año (Figuras 12 y 13)



Figuras 12 y 13 Índice gonádico en machos y hembras, respectivamente, de *K. pelamis* en los distintos muestreos.

A partir de las observaciones hechas a escala macroscópica de las gónadas se encontraron machos y hembras en sus fases de desarrollo más avanzadas de la escala de maduración de Batts (estadios 2 y 3 en machos y 2,3 y 4 en hembras, ver apéndice II) durante febrero y octubre del 2000.

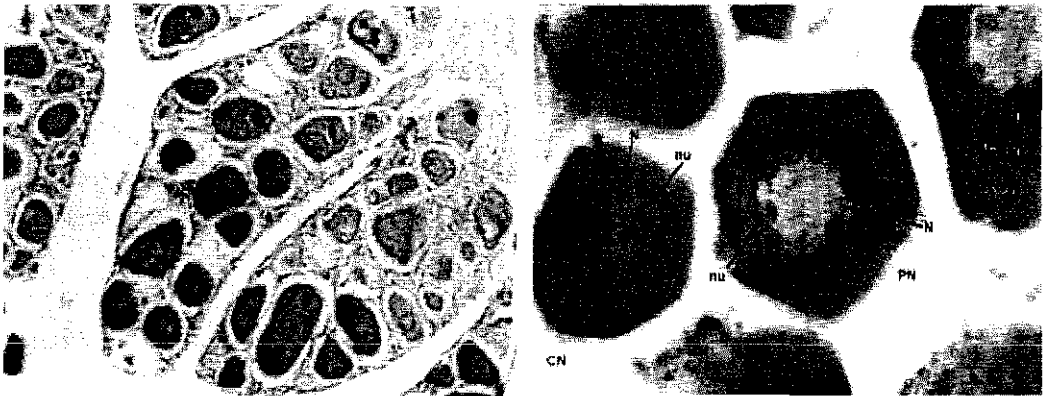
Para el análisis histológico se utilizaron 30 hembras comprendidas en un intervalo de tallas de 295 a 507 mm de longitud furcal y peso entre los 530 y 2200 gr y 9 machos comprendidos en un intervalo de tallas de 310 a 489 mm de longitud furcal y peso entre los 570 y 2070 gramos

El tipo de desarrollo ovárico de *K. pelamis* es típicamente asincrónico por encontrarse ovocitos en diversos estadios de desarrollo dentro del ovario, por lo que sabemos que esta especie desova más de una vez por temporada. La escala histológica utilizada para las hembras fue adaptada de Baéz-Hidalgo (1984) y de Stéquert y Ramcharrun (1996), encontrándose dos etapas, previtelogénesis y vitelogénesis (la

vitelogenésis corresponde a un grupo de procesos por los que el ovocito sintetiza y acumula las reservas indispensables para la eclosión y el desarrollo embrionario) divididas en los siguientes estadios:

### Previtelogénesis:

- Estadio I o de cromatina nucleolar.- Son ovocitos de forma más o menos ovoide o polihédrica, fuertemente basófilos, con un núcleo central esférico, dentro del núcleo es notoria la presencia de un gran nucléolo redondo (figura 15).
- Estadio II o perinuclear.- Los ovocitos mantienen la misma forma que en el estadio precedente, pero incrementan ligeramente su tamaño, el núcleo ya no es tan básico y continua en posición central, lo que caracteriza a este estadio es la aparición de varios nucléolos que se distribuyen en la periferia del núcleo (figura 15).

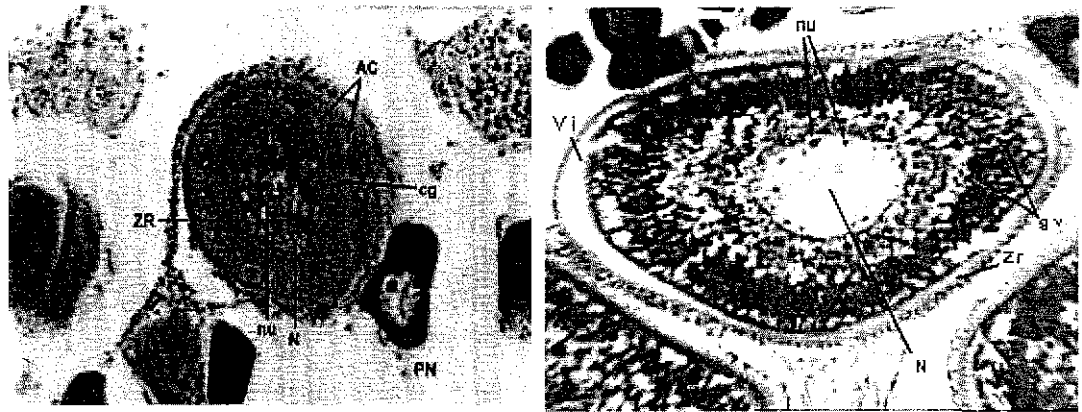


Figuras 14 y 15 Láminas ovígeras de una hembra inmadura de *K. pelamis* y ovocitos en estadio de cromatina nucleolar (CN) y perinuclear (PN) (N, núcleo, nu, nucléolo). Hematoxilina-eosina, 10X y 25X.

### Vitelogénesis

- Estadio III o de alvéolos corticales.- Los ovocitos tienen una forma más redondeada, su afinidad por la hematoxilina empezará disminuir, su citoplasma es granuloso y el núcleo es grande, además aparece un anillo de alvéolos corticales en la periferia del ovocito y se hace evidente la zona radiata (figura 16).

- Estadio IV o vitelino primario.- El ovocito incrementa su tamaño y mantiene su forma redondeada, el núcleo es esférico y continua en posición central, se inicia la depositación de granulos de vitelo eosinofílicos en la periferia del ovocito, así como de glóbulos lipídicos (figura 17)
- Estadio V o vitelino secundario - En el citoplasma se aprecia una gran acumulación de granulos de vitelo, así como voluminosos glóbulos lipídicos (figura 18).



Figuras 16 y 17 Ovocitos de *K. pelamis* en estadios de alvéolos corticales (AC) y vitelino primario (Vi) (N, núcleo, nu, nucléolo, cg, citoplasma granular, ZR, zona radiata, gv, granulos de vitelo. Hematoxilina-eosina, 10X

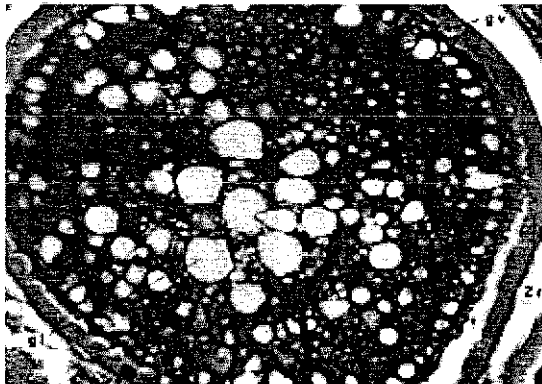
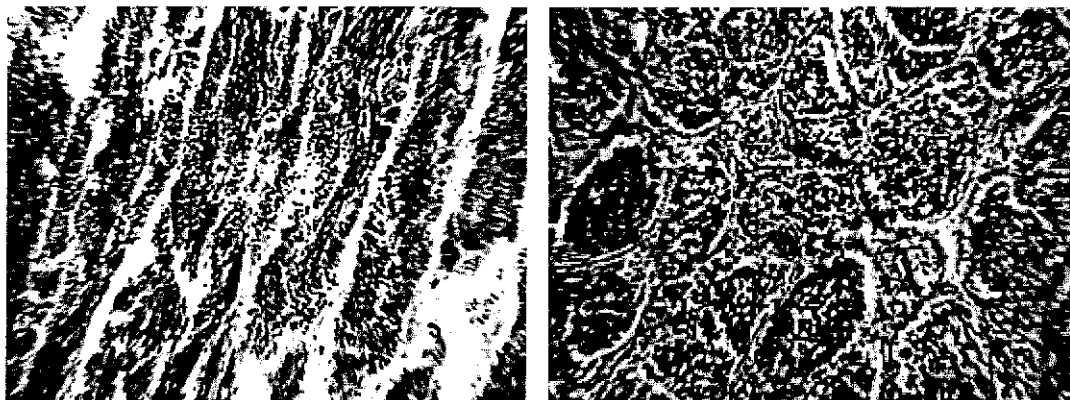


Figura 18. Ovocito de *K. pelamis* en estadio vitelino secundario. (gv, granulos de vitelo, gl, glóbulos lipídicos, Zr, zona radiata) Hematoxilina-eosina 10X



En los machos se encontraron testículos inmaduros, caracterizados por presentar diversos estadios de maduración en los túbulos (figura 19), y maduros, con los túbulos llenos de espermatozoides (figura 20). No se encontraron machos desgastados, caracterizados por presentar los túbulos prácticamente vacíos, excepto por algunos espermatozoides.



Figuras 19 y 20. Testículo de un macho inmaduro y de un macho maduro. Hematoxilina-eosina, 10X.

En cuanto a la fecundidad, se analizaron 8 hembras maduras, en rangos de tallas de 435mm a 528mm. Los ovocitos considerados como maduros fueron aquellos con un diámetro superior a 0.5 mm, aquí hay que señalar que Baéz-Hidalgo y Da Costa Moniz (1984) consideran a los ovocitos mayores a 377  $\mu\text{m}$  adecuados para estimar la fecundidad en esta especie. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 28. Valores de fecundidad obtenidos en hembras de *K. pelamis* de la Bahía de Petacalco.

Longitud Furcal (mm)	Fecundidad (No.)	Diámetro promedio de ovocitos (mm)
435	61081	0.543
449	133449	0.596
473	76663	0.849
482	106832	0.743
502	115235	0.794
508	134278	0.774
528	304958	0.714
528	702941	0.757
<b>Promedio</b>	<b>204429.6</b>	<b>0.72125</b>

## DISCUSIÓN

### Contenido estomacal.

Diversos estudios han reportado que la dieta de *Katsuwonus pelamis* se compone principalmente de peces, crustáceos y moluscos (Tabla 29) lo que concuerda de manera general con los resultados en este trabajo, donde los mayores índices de importancia relativa (IRI) los tuvieron crustáceos (Stomatopoda y larvas megalopas), seguidos de peces (*Opistonema sp* y larvas).

Tabla 29 Resultados obtenidos por diversos autores de la alimentación de *K. pelamis*. (El asterisco indica que los resultados corresponden al porcentaje gravimétrico y no volumétrico)

Autor	Principales presas	Porcentaje (En volumen)
Presente trabajo	Stomatopoda	4*
	Larvas megalopas	4.7*
	Larvas de pez	5.33*
	<i>Opistonema sp.</i>	41.8*
Dragovich, Potthoff, 1972	Crustáceos (Stomatopoda, Anfipoda y larvas megalopas)	-
	Cefalópodos	-
	Peces	-
Ankenbrandt, 1985	Gonostomatidae	46
	Euphasidae	26
	<i>Scomber japonicus</i>	5.22
	<i>Auxis Thazard</i>	1.19
Suárez, Duarte, 1961	Peces	75
	Calamares	23
	Crustáceos	2
Zavaia-Camin, 1981	Peces	38.9
	Crustáceos	22.2
	Moluscos	2.8
Jones, Silas, 1963	Peces	-
	Cefalópodos	-
	Stomatopoda	-
Guevara-Carrio, 1987	Peces	86.86
	Moluscos	12.06
	Crustáceos	1.04

Sin embargo, la diversidad de presas encontradas en este trabajo es menor a las reportadas por otros autores, como Ankenbrandt (1985) que encontró una gran diversidad de peces en la dieta de *K. pelamis* (19 familias), limitándose en este caso únicamente a

dos (Clupeidae y Hemiramphidae), lo que quizás se deba a una gran abundancia de otros recursos en esta área, como las larvas de crustáceos y peces, y/o a una menor disponibilidad de otras presas en esta área, ya que diversos autores (Ankenbrandt, 1985, Dragovich y Pothoff, 1972) señalan que los atunes no son selectivos y que el contenido estomacal en estos peces está determinado por la disponibilidad de las presas.

Por otra parte, el poco solapamiento y la baja correlación entre las dietas de machos y hembras nos indica que existe una diferencia en el consumo de presas entre los sexos. Guevara-Carrió y Wetango-Amato (1987) no hallaron diferencias significativas entre los sexos, encontrando un valor de correlación de 0.85 para los barriletes de la región nororiental de Cuba. El hecho de que se presente una diferencia en el consumo de presas entre machos y hembras puede deberse principalmente a efectos del azar o quizás a sesgos en el muestreo, ya que dicha situación no se ha reportado en otros trabajos.

En cuanto a los muestreos, se encontró únicamente un solapamiento significativo entre los muestreos 4 y 6 (agosto del 2000 y febrero del 2001), lo que puede ser explicado por que la presa que tuvo el mayor IIR en la dieta de los barriletes durante esos muestreos fue la misma (larvas de peces). Esto refuerza la idea de que el barrilete es una especie oportunista, que se alimenta de los recursos disponibles en determinadas épocas del año y que no muestra preferencias por algún tipo de presa específica, siendo quizás su única inclinación, el que las presas sean pelágicas (peces, crustáceos o moluscos).

Para las diferentes tallas tenemos que al no encontrarse un solapamiento significativo entre ellas, podemos decir que los organismos de diferentes tallas tienen dietas diferentes, así podemos observar que conforme se va incrementando la talla, las presas que tienen una mayor importancia van cambiando, de pequeños crustáceos (Stomatopoda y larvas megalopas) y larvas de peces, hacia presas más grandes como peces (restos de peces, *Opistonema sp.*) y cefalópodos (*Loligo sp.*) Esto concuerda con lo reportado por otros autores, como Dragovich y Pothoff (1972) y Guevara-Carrió (1987) quienes señalan que conforme crece el barrilete, su dieta va cambiando incrementándose la importancia de peces y cefalópodos y disminuyendo la de presas más pequeñas. Este hecho presenta ventajas para la especie, ya que disminuye la competencia intraespecífica

que pudiera existir entre las diferentes tallas y aumentando también el espectro alimentario de la especie.

Finalmente, hay que señalar que aunque el uso del IRI, que combina varios métodos en el análisis del contenido estomacal, disminuye algunas de las desventajas asociadas con métodos de análisis individuales (como por ejemplo la sobreestimación de algunas presas escasas, pero de gran peso o volumen, como pasa con el análisis gravimétrico y volumétrico), no está exento de fallas, ya que tiende a presentar sesgos debido a los resultados del porcentaje numérico, como en las presas pequeñas, larvas megalopas, donde debido a su gran número, pueden tener el mismo valor alimentario que una sola presa de mayor tamaño. Por lo tanto, podemos decir que para que una presa sea considerada de importancia tiene que presentarse en grandes números y con frecuencia.

### **Grupos de edad y crecimiento.**

El crecimiento es un parámetro básico para el análisis de las pesquerías, ya que implica el aumento en biomasa de la población y para su determinación es importante establecer la edad de los organismos (Gómez-Marquéz, 1994) En el caso del barrilete, la evaluación del crecimiento cobra especial importancia por el gran potencial que tiene como recurso pesquero y para la planeación de las estrategias adecuadas de manejo del recurso

En general se considera que la determinación de la edad de los peces tropicales, como el barrilete, es mucho más difícil que en los peces de aguas templadas, sin embargo Blake y Blake, 1978, (en Weatherley, 1987) concluyen que en los trópicos la formación de marcas comparables a las de los peces de aguas templadas puede estar influenciada por una gran variedad de factores, frecuentemente variando en tiempo e intensidad año con año. Casi cualquier cambio ambiental sostenido tal como en la temperatura, luz, salinidad, turbidez, provisión de alimento o una miríada de otros factores pueden estar involucrados en una reducción o cese del crecimiento en las estructuras calcificadas y formando por lo tanto una marca. De hecho, la formación de *annuli* en algunas especies tropicales ha sido específicamente asociada con la reproducción y el desove. Sin embargo, es evidente que existen marcas en el tejido calcificado del barrilete y que dichas marcas pueden ser usadas para descifrar la edad de un pez de manera adecuada, o al menos para utilizarlas

---

como marcas de crecimiento, como en este caso, que nos permitan obtener estimados de la edad (Weatherley, 1987)

El proceso de evaluación de la edad a partir de estructuras calcificadas es subjetivo, ya que implica la interpretación de marcas en estas estructuras sin tener una certeza real de que sean formadas cada año (excepto en el caso de los estudios de marcado y recaptura y de observación de los bordes de las estructuras), por lo que los resultados de edad obtenidos en este trabajo deben de considerarse como estimados, ya que no existe un proceso de validación en este caso específico (sin embargo hay que señalar que en *Katsuwonus pelamis* han sido aplicadas pruebas de validez para vértebras por Chi y Yang, 1973, y para espinas por Batts, 1972, con resultados positivos), ya que aunque algunos autores consideran que el hecho de comparar edades obtenidas en dos diferentes estructuras de un mismo pez (como en este caso las vértebras y las espinas), es una forma de validación, ya que la consistencia de las lecturas incrementa la confianza en los resultados e implica mayor precisión de una escala de edad, otros autores no lo consideran como tal, y algunos, como Beamish y McFarlane (1983), y Campana (2001) incluso señalan que la única manera de validar realmente la edad de un pez es a través de estudios de marcado y recaptura de peces de edades conocidas, por dataciones radioquímicas o por crecimiento en estanques controlados. Sin embargo, lograr dichos criterios de validación implica un gran esfuerzo, tanto económico como temporal, por lo que su aplicación es complicada.

Para el caso de las vértebras, los resultados del coeficiente de variación y del índice de precisión de Chang nos indican que las lecturas de las marcas de crecimiento en las vértebras del barrilete son consistentes, es decir, que existe una buena precisión entre ellas, además el hecho de haberse encontrado cinco anillos de crecimiento concuerda con lo reportado por la mayoría de los autores para esta especie. Otras de las ventajas de las vértebras, como estructuras para determinar la edad en esta especie son el hecho de ser relativamente fáciles de obtener, presentar muy poca o ninguna alteración *post-mortem*, no requerir un procedimiento laborioso para su lectura, ser fáciles de almacenar y presentar marcas fácilmente visibles por su tamaño.

En las observaciones de las marcas de crecimiento en las espinas se pudo observar que el resultado del coeficiente de variación entre espinas y vértebras fue mayor que entre las vértebras únicamente y por lo tanto, el índice de precisión de Chang fue menor, es decir, que hay menor precisión o consistencia al comparar las lecturas de las marcas de crecimiento entre las espinas y las vértebras, que al comparar las lecturas entre las vértebras. Sin embargo, se pudo demostrar que esa diferencia en la precisión no es significativa, por lo que los resultados obtenidos por las lecturas tanto de vértebras y espinas son similares.

En general, se cree que en la determinación de la edad, evaluada a partir del crecimiento de una estructura, la función de dicha estructura puede ser fundamental, lo que explicaría las diferencias en los resultados obtenidos en las lecturas de vértebras y espinas del barrilete. Por ejemplo, Weatherley, 1987, señala que estructuras como las espinas o las escamas están correlacionadas directamente con la longitud del cuerpo, y así conforme este se acerca a la longitud asintótica hay un decremento de la tasa de crecimiento y un incremento en la edad, por lo que es más difícil observar marcas en dichas estructuras en organismos de esta especie de más edad. Sin embargo, conforme la edad de los peces se incrementa, la masa corporal aumenta en mayor proporción con respecto a la longitud, por lo que las estructuras relacionadas funcionalmente con el soporte de la masa, como las vértebras del barrilete, continúan creciendo, facilitando la identificación de marcas de crecimiento en los peces más viejos.

Una vez obtenido el número de anillos, se consideró que el método de Gulland-Holt para obtener los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, fue el más adecuado para este caso, ya que presentó la suma de las diferencias al cuadrado más baja, entre los valores observados y los calculados.

Al comparar los resultados con los obtenidos por otros autores (tabla 30), se puede apreciar la gran variabilidad tanto en los métodos utilizados en la determinación de las marcas, como en los valores estimados para el crecimiento del barrilete. Para explicar esta variabilidad es necesario considerar tanto las distintas regiones en que se realizaron los trabajos y sus características ambientales, los métodos empleados, así como el arte utilizado en la pesca.

Al analizar los parámetros obtenidos, podemos observar que el valor de  $k$  es relativamente elevado (0.73), esto queda explicado por el hecho de que  $k$  se relaciona con la tasa metabólica del pez, y se considera que las especies pelágicas de zonas tropicales, en particular los atunes, son más activas y de crecimiento rápido.

En cuanto al valor de  $L_{\infty}$  (513 mm), es relativamente bajo si se compara respecto a otros autores, sin embargo, a partir de estudios de marcado se sabe que los barriletes que se establecen en aguas oceánicas tienen un crecimiento mayor que los que permanecen en aguas costeras. El crecimiento parece llegar a su tope en las zonas costeras en ejemplares de alrededor de 60 a 65 cm, mientras que en la zona oceánica continúa hasta los 80 cm o más (García-Coll, 1987a). Puede considerarse por lo tanto que la pesquería en la Bahía de Petacalco está actuando sobre una población de peces "costeros" lo que puede explicar el valor relativamente bajo de  $L_{\infty}$ ; dicho valor es similar a los encontrados para las pesquerías de las costas del Atlántico tropical ecuatorial y para las islas del Pacífico Sur, todas ellas pesquerías costeras (tabla 30). Por tal razón, los parámetros de crecimiento obtenidos en este trabajo no son aplicables a otras poblaciones de barrilete que puedan ser de la zona oceánica. García-Coll (1987a) plantea que el barrilete es una de las especies con mayor eficiencia de movimiento y depredación, pero este nivel evolutivo lo ha llevado a un límite de restricción en su hábitat con un margen limitado de tolerancia a los cambios ambientales y estas restricciones son cada vez mayores a medida que el organismo crece, existiendo grandes diferencias entre los ambientes apropiados para barriletes de distintas tallas, lo que explicaría las diferencias entre las poblaciones costeras y oceánicas. Dicha separación de las poblaciones costeras y oceánicas podrá quedar explicada a través de estudios de genética de poblaciones, tratando de establecer si se trata de subpoblaciones con requerimientos diferentes.

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento entre machos y hembras, lo que concuerda con Wild y Hampton (1994), García-Coll (1984), y García-Coll y Bosch-Méndez (1986), quienes señalan que las hembras y los machos tienen tallas similares y no presentan diferencias en cuanto al crecimiento.

Finalmente al comparar el valor del índice de representación del crecimiento de Pauly y Munro ( $\phi = 3.28$ ), con los obtenidos por otros autores, podemos ver que cae

dentro del rango de valores obtenidos para el barrilete, que va desde 2.86 hasta 3.89, lo que nos indica que los estimados de  $L_{\infty}$  y  $k$  son comparativamente similares a los encontrados en otras regiones, principalmente a aquellas que actúan sobre poblaciones costeras. Dicho índice y los valores de las tallas promedio obtenidas por otros autores para cada grupo de edad, muestran que los datos obtenidos por las marcas de crecimiento en este estudio son muy probablemente formadas en el término de un ciclo anual

Tabla 30. Parámetros de crecimiento obtenidos por diversos autores para *K. pelamis*. Se indican con asterisco los resultados de las pesquerías costeras

Autor	Método	Región	n	Linf	k	to	$\phi$
Presente trabajo	Vértebras	Pacífico oriental sur	133	560	0.74	-0.44	3.28
Bayliff (1988)	Marcación	Pacífico oriental sur	264	686	1.65	-	3.89
García-Coll <i>et al.</i> (1979)*	Espinas	Atlántico	438	624	0.27	-2.60	3.02
García-Coll (1983)*	Espinas	Atlántico	-	672	0.16	0.16	2.86
Sibert <i>et al.</i> (1983)	Marcación	Pacífico oriental.	360	755	0.77	-	3.64
Joseph y Calkins (1969)	Marcación	Pacífico	438	729	0.82	-	3.64
Batts (1972)	Espinas	Atlántico	-	796	0.20	-4.33	3.09
Matsumoto <i>et al.</i> (1984)	Marcación	Pacífico central	-	924	0.47	-	3.60
Chur y Zharov (1983)	Espinas	Golfo de Guinea	-	867	0.31	-0.32	3.36
Shomura (1966)	Vértebras	Pacífico occidental	20	2727	0.04	-1.58	3.47
Chi y Yang (1973)	Vértebras	Pacífico occidental	-	1036	0.3	-0.02	3.51
Carles (1973)	Vértebras	Atlántico	-	1390	0.11	1.97	3.33
Jchiyama y Strusaker (1981)	Otolitos	Pacífico oriental.	20	1425	0.29	-0.16	3.77
Jchiyama y Strusaker (1979)	Otolitos	Pacífico oriental.	51	1020	0.55	-0.02	3.76

### Relación Longitud-peso.

Tal y como se planteó en los resultados de la relación longitud-peso no se encontraron diferencias significativas entre hembras y machos. Esto concuerda con los resultados obtenidos por García-Coll (1987b) quien no encontró diferencias significativas de dicha relación entre machos y hembras durante varios años, excepto en 1980. Otros autores citados en dicho trabajo, tampoco encontraron diferencias significativas entre sexos, señalando sin embargo, que existen estas diferencias para distintas tallas y áreas geográficas.



---

## REPRODUCCION

### Proporción sexual.

Los resultados de la proporción sexual concuerdan con los obtenidos por Batts (1972) quien también encontró una proporción homogénea de machos y hembras, también cita a otros autores que han encontrado resultados similares como Yabe (1954), Suárez-Caabro y Duarte-Bello (1961), sin embargo, otros autores también citados por Batts, como Marr (1948), Wade (1950), Brock (1954), Schaefer y Orange (1956), Tester y Nakamura (1957) y Raju (1963) encontraron diferencias en la proporción sexual de 1:1, esto ha sido explicado por el uso de diferentes artes de pesca empleados en la captura o por diferencias conductuales entre los sexos.

### Análisis histológico.

Con los resultados del análisis histológico se determinó que las hembras con tallas menores a los 400 mm de longitud furcal son sexualmente inmaduras debido a que el ovario reveló únicamente ovocitos previtelogénicos (estadios de cromatina nucleolar, perinuclear y alvéolos corticales). La hembra más pequeña que se encontró sexualmente madura tuvo una talla de 404mm de longitud furcal; esto concuerda con la gran mayoría de los autores que han trabajado con el barrilete (Marr, 1948, Wade, 1950, Brock, 1954, Schaefer y Orange, 1956, Raju, 1963, Batts, 1972, Stéquert, 1976, Matsumoto, 1984, citados en Wild y Hampton, 1994) quienes señalan un rango de tallas de entre 400 y 500mm como talla mínima en que se alcanza la madurez sexual en las hembras. Para los machos el análisis histológico reveló que el macho más pequeño en alcanzar la madurez sexual tuvo una talla de 433 mm de longitud furcal, lo que concuerda también con Batts (1972) quien reporta que 435 mm es la talla a la que los machos alcanzan la madurez. Comparando estas tallas mínimas de los individuos sexualmente maduros con los resultados de crecimiento obtenidos, se puede considerar que *Katsuwonus pelamis* alcanza la madurez sexual en el segundo anillo de crecimiento.

### Índice gonádico y factor de condición.

El índice gonádico, en teoría, indica el grado de madurez de un pez particular, sin embargo puede estar en relación con otros fenómenos biológicos relacionados también con la madurez sexual y que pueden causar un incremento en el tamaño de la gónada, sin tener ninguna relación con el tamaño o desarrollo de los ovocitos, por lo que el índice gonádico puede ser difícil de interpretar, asimismo, las evaluaciones a simple vista de las gónadas pueden ser a veces demasiado subjetivas, por lo que éstas, así como el índice gonádico, deben de ser corroborados con observaciones microscópicas como lo señalan Batts (1972) y Cayre y Lalöe (1986).

De los resultados obtenidos del índice gonádico y del factor de condición, podemos observar que *Katsuwonus pelamis*, en la Bahía de Petacalco, se acerca al máximo de madurez entre los meses de octubre y febrero, sin embargo, podemos asegurar que la reproducción de esta especie no se lleva a cabo en esta bahía por varias razones, en primer lugar, en el análisis histológico no se encontraron los estadios más avanzados de madurez en hembras (estadio VI o vitelino terciario, de acuerdo con en éste estadio el núcleo o vesícula germinal, migra hacia el polo animal, se incrementa la cantidad de vitelo en su interior, fusionándose en grandes glóbulos y apareciendo una gran gota de grasa en su interior), así como tampoco se encontraron los estadios posteriores al desove ("gastados" o "parcialmente gastados", es decir, gónadas en las que se encuentran folículos postovulatorios en el caso de las hembras, o túbulos testiculares parcialmente vacíos para los machos). Otras evidencias que soportan lo anterior son el hecho de no haberse encontrado organismos juveniles en el contenido estomacal de estos peces, ya que varios autores, como Wild y Hampton (1994), han señalado que en las zonas de reproducción se presenta un marcado canibalismo de organismos larvales y juveniles y lo consideran evidencia suficiente para determinar las zonas de desove, finalmente en arrastres de ictioplancton realizados en la Bahía de Petacalco a lo largo del año, tampoco se encontraron organismos larvales de *Katsuwonus pelamis*. Algunos autores como Cayre y Lalöe (1986) han estimado que el barrilete es capaz de completar su ciclo de maduración sexual en un período de tiempo muy corto, lo que facilita su reproducción tan pronto encuentra las condiciones ambientales adecuadas, por lo que quizás la reproducción se lleve a cabo en alguna zona más hacia el sur, como lo especula la Comisión Inter-Americana del Atún Tropical (1997).

**Fecundidad.**

Una fase de interés en el estudio de cualquier especie es el conocimiento de su fecundidad, por la aplicación que esta tiene en la evaluación y predicción de diversos parámetros poblacionales. Por esta razón distintos autores han estimado la fecundidad de *Katsuwonus pelamis* con resultados diversos (tabla 31) lo que queda explicado por varias causas a tomar en cuenta: el tamaño de muestra empleado, el tamaño de los ovocitos considerados como maduros, diferencias metodológicas en las estimaciones y finalmente, las diferencias geográficas. Los resultados obtenidos en este trabajo caen en los rangos reportados por otros autores, observándose únicamente que el valor inferior de 63,000 óvulos es el más bajo de todos los reportados, lo que quizás se deba a que esta población es costera y no oceánica, como ya se señaló anteriormente, además, Baéz-Hidalgo y Bécquer (1994) señalan que probablemente el barrilete tiene una gran amplitud en su fecundidad por su naturaleza migratoria.

Tabla 31. Resultados de fecundidad para *K. pelamis* obtenidos por diversos autores

Autor	Región	Long. furcal (mm)	Fecundidad (No. ovulos x 10 <sup>3</sup> )
Yabe, 1954	Pacífico oriental	470 - 610	113 - 858
Schaeffer, 1961	Golfo de California	660 - 700	407 - 1,327
Raju, 1962	Indico	420 - 700	152 - 1,978
James, 1963	Pacífico oriental	310 - 700	380 - 1,409
Yoshida, 1966	Islas Marquesas	430 - 750	100 - 2,000
Simmons, 1969	Atlántico	465 - 809	262 - 1,331
Batts, 1972	Atlántico	498 - 704	141 - 1,200
Cayré, 1980	Atlántico oriental	430 - 630	100 - 900
Baéz-Hidalgo, 1986	Cuba	450 - 660	267 - 764
Baéz-Hidalgo, 1994	Cuba	430 - 690	82 - 490
Stéquert y Ramcharrun, 1995	Indico	440 - 750	80 - 1,250
Presente trabajo	Pacífico oriental sur	435 - 528	61 - 702

## CONCLUSIONES

- Se encontraron un total de 22 grupos de presas en la dieta del barrilete, siendo las más importantes los estomatópodos y las larvas de crustáceos.
- Se determinó que existen diferencias en la dieta de las diferentes tallas de *Katsuwonus pelamis*
- La relación entre el diámetro de la vértebra y la longitud furcal del organismo mostró una relación de crecimiento alométrico positivo.
- El análisis de las marcas de crecimiento entre vértebras y espinas no presentó diferencias significativas.
- Se determinaron cinco marcas de crecimiento, el método que dio un mejor estimado de los parámetros de crecimiento para esta especie fue el de Gulland-Holt, obteniéndose valores totales de  $L_{\infty}$  de 513mm,  $k$  0.73,  $t_0$  -0.59 y  $W_{\infty}$  = 1971.41 gr.
- Para los machos de *K. pelamis* los valores de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy fueron de  $L_{\infty}$  = 503 mm,  $k$  =0.73,  $t_0$  = -0.49 y  $W_{\infty}$  = 1906.48 gr. En las hembras los resultados fueron de  $L_{\infty}$  = 513 mm,  $k$  = 0.77,  $t_0$  = -0.30 y  $W_{\infty}$  = 1964.85 gr.
- No existen diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras.
- El análisis de  $\phi$  de Munro mostró que los valores de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy son similares a los reportados por otros autores para poblaciones costeras
- Los resultados de crecimiento obtenidos sugieren que la población de *K. pelamis* analizada en la Bahía de Petacalco, es costera y no oceánica.
- La proporción sexual entre machos y hembras fue de 1:1.

- *Katsuwonus pelamis* se acerca al máximo de su madurez sexual en la Bahía de Petacalco entre los meses de octubre y febrero, pero lleva a cabo el desove en regiones oceánicas que no corresponden al área de estudio.
- La hembra más pequeña que se encontró madura tuvo una talla de 404mm. El macho de talla más pequeña que se encontró sexualmente maduro tuvo una talla de 433 mm de longitud furcal
- La fecundidad promedio fue de 204,000 huevecillos.

## RECOMENDACIONES

- Es importante continuar con estudios de edad y crecimiento de *Katsuwonus pelamis* particularmente en la determinación del tiempo de formación de anillos de crecimiento en estructuras duras.
- Realizar estudios sobre genética de poblaciones que permitan determinar si los barriletes costeros y oceánicos corresponden a subpoblaciones distintas o bien son razas geográficas.
- Continuar con este tipo de estudios que permitan establecer bases para la regulación de la pesquería y evitar en un momento dado la sobreexplotación del recurso
- Llevar a cabo programas de prospección que permitan identificar las zonas del desove del barrilete y establecer patrones de distribución y abundancia.

## LITERATURA CITADA

- Baez-Hidalgo, M. 1986. Análisis de la metodología para estimar la fecundidad del bonito *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus). *Rev. Inv. Mar* 7(1): 39-44.
- Baez-Hidalgo, M., Da Costa-Moniz, M. 1984. Histología de los ovarios maduros del bonito *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). *Rev. Inv. Mar.* 5(3): 57-64
- Baez-Hidalgo, M., Bécquer, U. 1994. Fecundidad del bonito *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) y la albacora *Thunnus atlanticus* (Lesson) en Cuba. *Rev. Inv. Mar.* 15(3): 218-222.
- Baglin, R. 1982. Reproductive biology of Western Atlantic bluefin tuna. *Fish. Bull.* 80(1): 121-134.
- Barret, I., Hester, F. 1964. Body temperature of yellowfin and skipjack tunas in relation to sea surface temperature. *Nature* 203(4940): 96-97.
- Batts, B. 1972. Sexual maturity, fecundity and sex ratios of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in North Carolina Waters *Trans. Am. Fish. Soc.*, 101(4): 626-637.
- Bayley, P. 1977. A method for finding the limits of application of the Von Bertalanffy growth model and statistical estimates of the parameters. *J. Fish. Res. Board Can* 34(8): 1079-1084
- Bayliff, W. 1988 Growth of skipjack *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin *Thunnus albacares*, tunas in the eastern Pacific Ocean, as estimated from tagging data *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 19(4)359-385.
- Beamish, R., MacFarlane, A. 1983 The forgotten requirements for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Fish. Soc* 112(6): 735-743.

- Campana, S. E., 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. of Fish Biol.* 59: 197-242.
- Cayré, P., Lalöe, F. 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. *Mar. Biol.* 90:345-351.
- Chang, W. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 39:1208-1210.
- Chatwin, B. 1959. The relationships between length and weight of yellowfin tuna *Neothunnus macropterus* and skipjack *Katsuwonus pelamis* from the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 3(7): 307-352.
- Comisión Interamericana del Atún Tropical. 1997. Informe Anual 1995 de la Comisión Interamericana del Atún Tropical
- Dragovich, A. 1972a. The food of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Western North Atlantic Ocean. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 4:726-731
- Dragovich, A., Potthoff, T. 1972b. Comparative study of food of skipjack and yellowfin tunas off the coast of West Africa. *Fish. Bull.* 70(4): 1087-1101
- Forsbergh, E. 1989. The influence of some environmental variables on the apparent abundance of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 19(6): 523-562
- García-Coll, I. 1984. Determinación de la edad y el crecimiento del bonito, *Katsuwonus pelamis* (Linné) y la albacora, *Thunnus atlanticus* (Lesson) en la región suroccidental de Cuba en el año 1979. *Rev. Inv. Mar.* 5(1): 95-126.

- García-Coll, I., Bosch-Méndez, A. 1986. Determinación de la edad y el crecimiento del bonito, *Katsuwonus pelamis* y la albacora, *Thunnus atlanticus* en la región nororiental de Cuba. *Rev. Inv. Mar.* 7(3): 47-54.
- García-Coll, I. 1987a. Crecimiento del bonito *Katsuwonus pelamis* en la región suroccidental de Cuba durante 1979 a 1983. *Rev. Inv. Mar.* 8(1): 59-67.
- García-Coll, I. 1987b. Relaciones largo-peso y proporción de sexos del bonito (*Katsuwonus pelamis*) y la albacora (*Thunnus atlanticus*) de Cuba. *Rev. Inv. Mar.* 8(1): 83-97.
- García-Coll, I. 1987c. Composiciones por largo de bonito (*Katsuwonus pelamis*) y albacora (*Thunnus atlanticus*) en dos regiones de Cuba. *Rev. Inv. Mar.* 8(1): 69-81.
- Gómez-Márquez, J.L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. *FES Zaragoza*, UNAM. México, 89pp.
- Guevara-Carrió, E., Eantewesen, W. 1987. Alimentación del bonito *Katsuwonus pelamis* en la región nororiental de Cuba. *Rev. Inv. Mar.* 8(1): 49-57.
- Guevara-Carrió, E. 1984. Alimentación de la albacora *Thunnus atlanticus* en la región suroccidental de Cuba. *Rev. Inv. Mar.* 5(3): 37-46.
- Hunter, J., Macewicz, B., Sibert, J. The spawning frequency of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. *Fish. Bull.* 80(4): 895-90
- Jones, S., Silas, E. 1963. Synopsis of biological data on skipjack *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) 1758 (INDIAN OCEAN). *Species synopsis No. 21. FAO Fisheries Biology Synopsis No. 64.*
- Johnson, R., Bhattacharyya, G. 1992. *Statistics: principles and methods*. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York. 686 p.p



- Joseph, J., Calkins, T. 1969. Population dynamics of the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) of the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 16(4): 283-400
- Kaya, C., Dizon, A., Hendrix, S., Kazama, T., Queenth, M. 1982. Rapid and spontaneous maturation, ovulation and spawning of ova by newly captured skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*. *Fish. Bull.* 80(2): 393-396.
- Lehodey, P., Bertignac, M., Hampton, J., Lewis, A., Picaut, J. 1997. El Niño southern oscillation and tuna in the Western Pacific. *Nature* 389(16): 715-718.
- Marr, J. 1948. Observations on the spawning of oceanic skipjack (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) in the northern Marshall islands *Fish. Bull.* 51(44): 201-206.
- Matsumoto, W. Distribution, relative abundance, and movement of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*, in the Pacific Ocean based on Japanese tuna longline catches, 1964-67. *NOAA Technical Report NMFS SSRF-695 USA* 30 pp.
- Munro, J. 1982. Estimation of the parameters of the Von Bertalanffy growth equation from recapture data at variable time intervals *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 40:199-200.
- Otsu, T., Uchida, R. 1959. Study of age determination by hard parts of albacore from Central North Pacific and Hawaiian waters. *Fish. Bull.* 59(150): 353-363.
- Pinkas, L., Oliphant, M., Iverson, I. 1971. Food habits of albacore, blue fin tuna and bonito in California waters. *Dept. Fish. and Game Cal. Fish Bull.*, 152: 1- 105.
- Prince, E., Lee, D., Javech, J. 1985. Internal zonations in sections of vertebrae from Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, and their potential use in age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 938-946
- Quiñones-Velazquez, C., Gómez-Muñoz, V., Tripp-Quezada, A., Galván-Magaña, F., González-Ramírez, P., Gluyas-Millán, R. 1986. Distribución geográfica de la pesca de

atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y barrilete *Katsuwonus pelamis* en el océano pacífico oriental mexicano. Memorias del primer taller del comité técnico consultivo del atún y picudos del pacífico. *Documento técnico informativo no 2. Secretaría de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. 25-35 p.p*

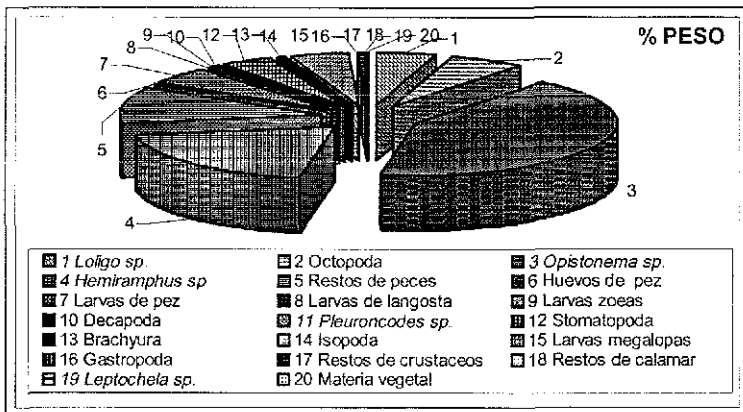
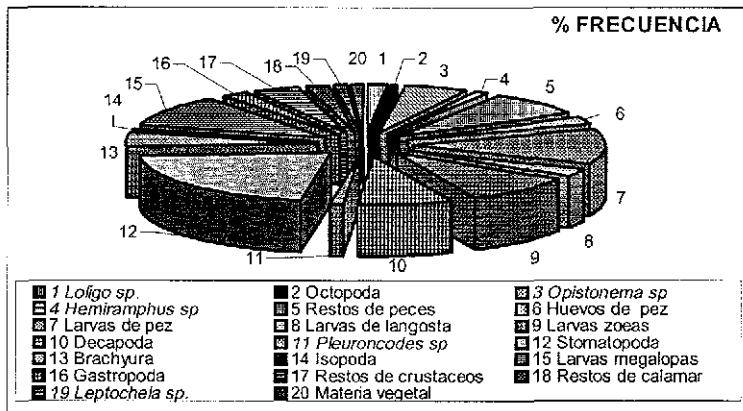
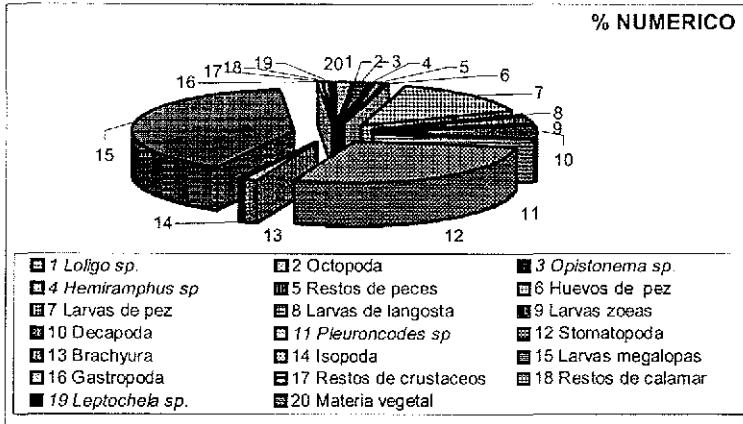
- Ruíz, M.F 1993 Recursos pesqueros de las costas de México. Su conservación y manejo socioeconómico. Ed Limusa 3ª. Edición México 283 p.p.
- Sakagawa, G., Coan, A, Holzapel, E. 1976. Length composition of yellowfin, skipjack, and bigeye tunas caught in the Eastern tropical Atlantic by american Purse Seiners NOAA Technical report NMFS SSRF-702. USA, 22pp
- Schaefer, M , Marr, J. Spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Pacific Ocean off Central America, with description of juveniles. *Fish. Bull.* 51(44): 187-196.
- Sparre, P., Venema, S. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Fisheries technical Paper, No. 306.1 Rev. 1* Roma, 376 pp.
- Stamatopoulos, C., Caddy, J 1989. Estimation of Von Bertalanffy growth parameters: A versatile linear regression approach. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 45:200-208.
- Stequert, B., Ramcharru, B. 1995 La fécondité du listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'ouest de l'océan Indien. *Aquat. Living Resour.* 8:79-89.
- Stequert, B , Ramcharru, B. 1996. La reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) dans le bassin ouest de l'océan Indien. *Aquat. Living Resour.* 9:235-247.
- Sundberg, P. 1984. A Monte Carlo study of three methods for estimating the parameters in the Von Bertalanffy growth equation. *J. Cons Int. Explor. Mer.* 41:248-258

- Sund, P., Richards, W. 1967. Preliminary report on the feeding habits of tunas in the Gulf of Guinea. *United States Fish and Wildlife Service. Special Scientific Report Fisheries No. 551.*
- Tesch, F., Bagenal, T. 1978. Age and growth. *In Methods for assesment of fish production in freshwaters.* (W R. Ricker, ed.) IBP Handbook No 3 3a ed , Birkenhead, Blackwell Scientific Publications pp. 98-130.
- Torres, A M. 1999. Determinación de edad en el barrilete del Pacífico oriental, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) por medio de vértebras Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, México 33 pp
- Uchiyama, J., Struhsaker, P. 1981. Age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, as indicated by daily growth increments of saggitae. *Fish. Bull.*79(1): 151-162.
- Venema, S., Christensen, J., Pauly, D. 1988. Contributions to tropical fisheries biology Papers prepared by the participants at the FAO/DANIDA follow-up training courses on fish stock assessment in the tropics Hirtshals, Denmark, 5-30 May 1986, and Manila Philippines, 12 January-6 February 1987. *FAO Fish Rep* 389:519 pp
- Verdín, T.L., Gómez-Clavel, J F.,González, R., Aloy, M.P. 1995. Alcohol amílico como aclarante en la técnica histológica. XVColoquio de Investigacion. ENEP Iztacala. Memorias.
- Wade C. 1951 Larvae of tuna and tuna-like fishes from Philippine waters. *Fish. Bull.* 51(57): 445-485.
- Waldron, K. 1963. Synopsis of biological data on skipjack *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) 1758 (PACIFIC OCEAN). *Species synopsis No.22. FAO Fisheries Biology Synopsis No. 65.*

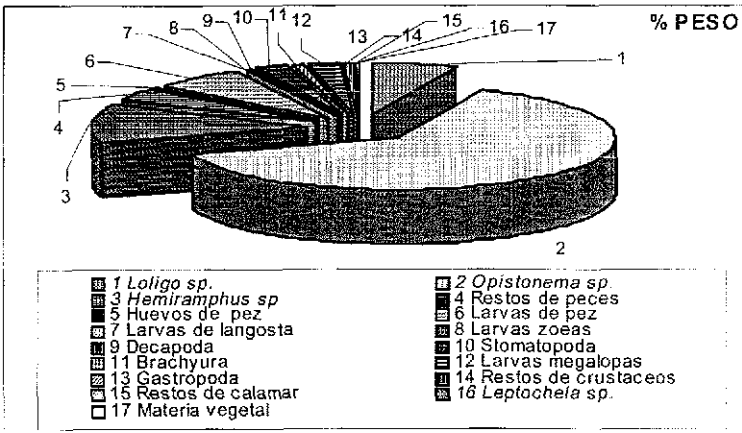
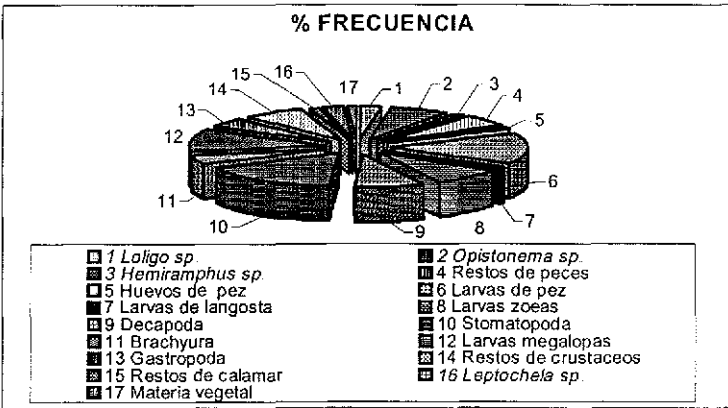
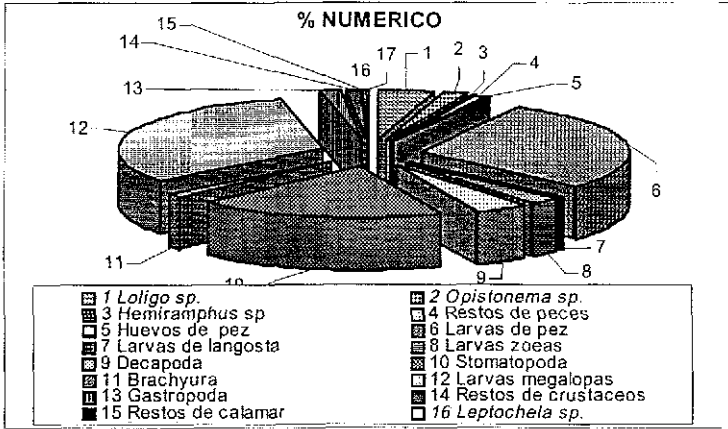
- Wallace, R. 1981. An assessment of diet -overlap indexes *Trans. Am. Fish. Soc* 110:72-76
- Weatherley, A. H. 1987. *The biology of fish growth*. Academic Press London 443 pp.
- Wild, A., Hampton, J. 1994. A review of the biology and fisheries for skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Pacific Ocean In: *Interactions of Pacific tuna fisheries*. Vol. 2. Ed. Shomura, R., Majkowski, J., Langi, S 1994. FAO Fisheries Technical Paper.
- Zar, J. 1996 *Biostatistical analysis*. 2<sup>nd</sup> edition. Prentice-Hall, USA. 778 pp

## Apéndice I.

Gráficas con los resultados porcentuales de los análisis de contenido estomacal de los métodos numérico, de frecuencia y gravimétrico para los diferentes sexos, tallas y épocas de muestreo para *Katsuwonus pelamis* en la Bahía de Petacalco.

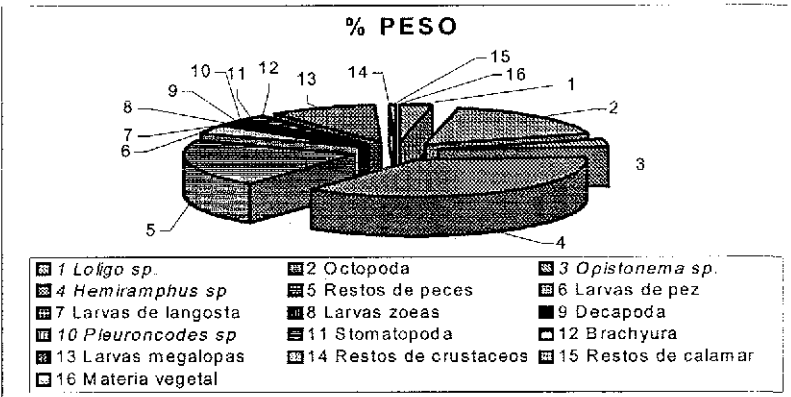
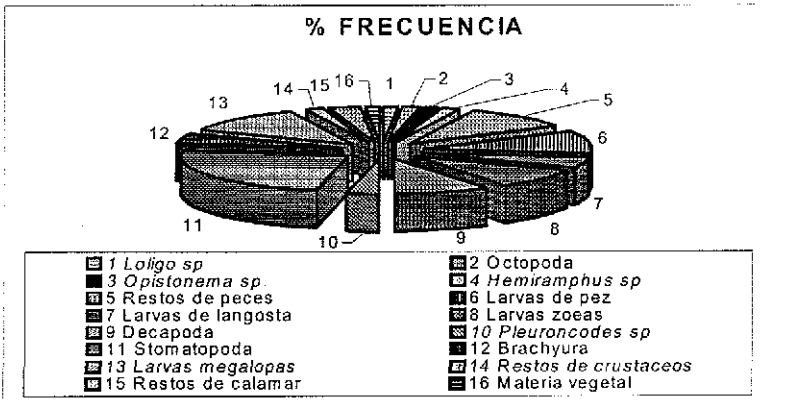
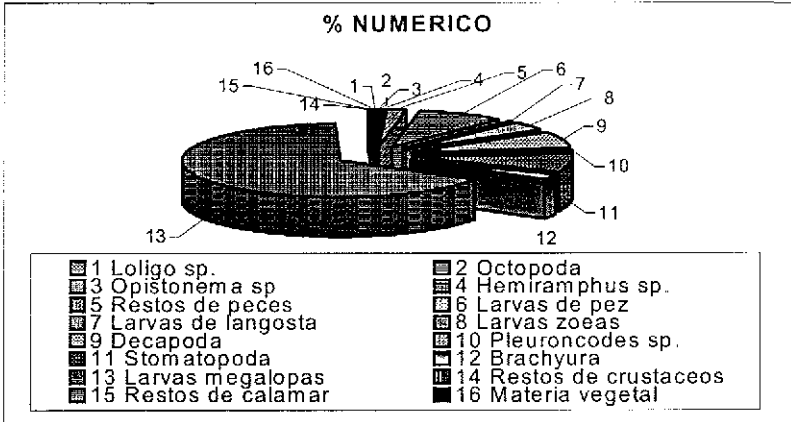


Figuras 21, 22 y 23. Gráficas con los resultados totales de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis*



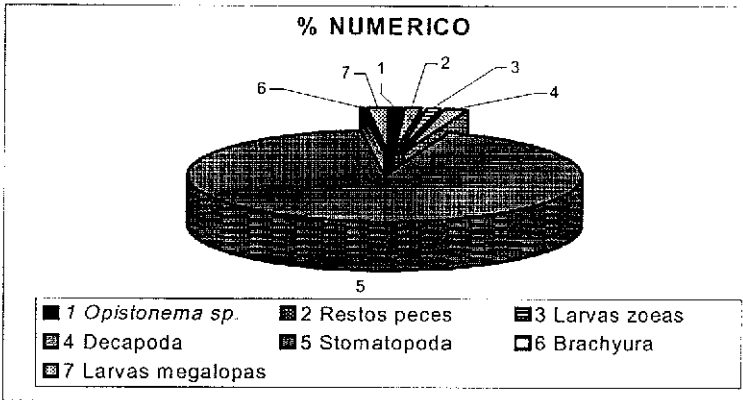
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figuras 24, 25 y 26 Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de machos de *K. pelamis*.

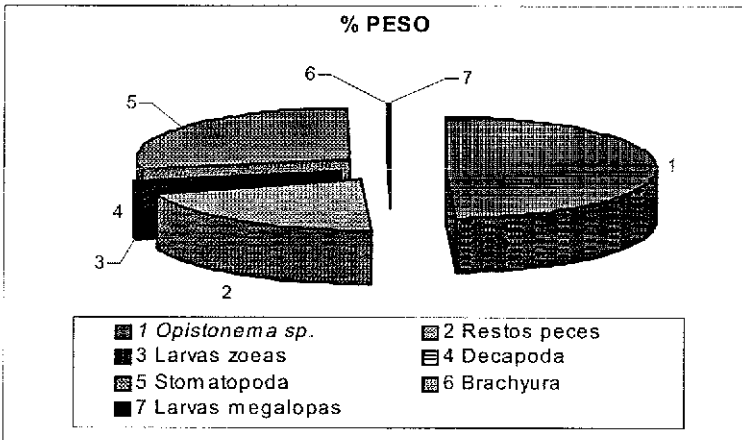
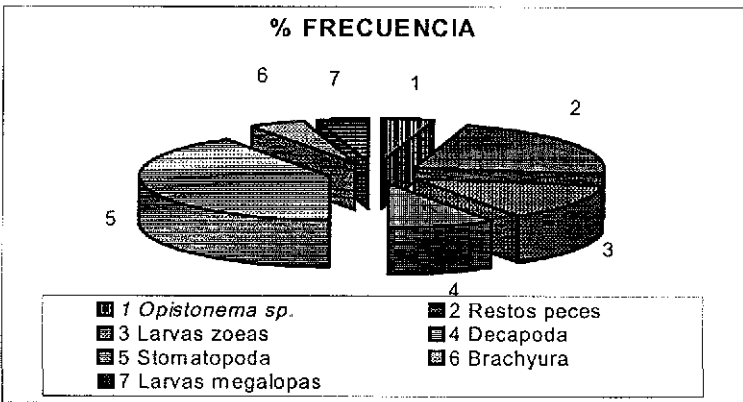


Figuras 27, 28 y 29. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de hembras de *K pelamis*.

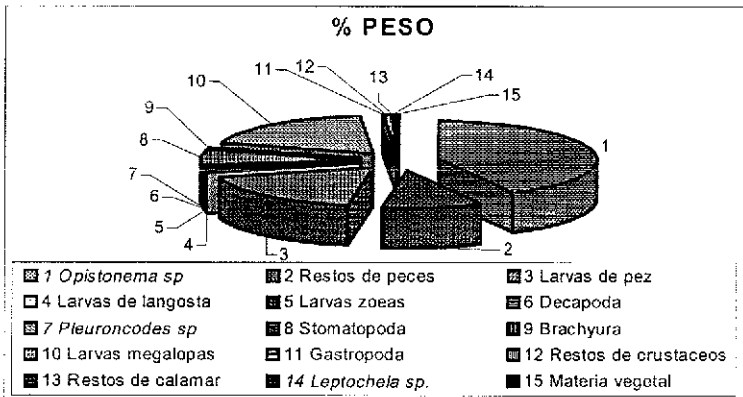
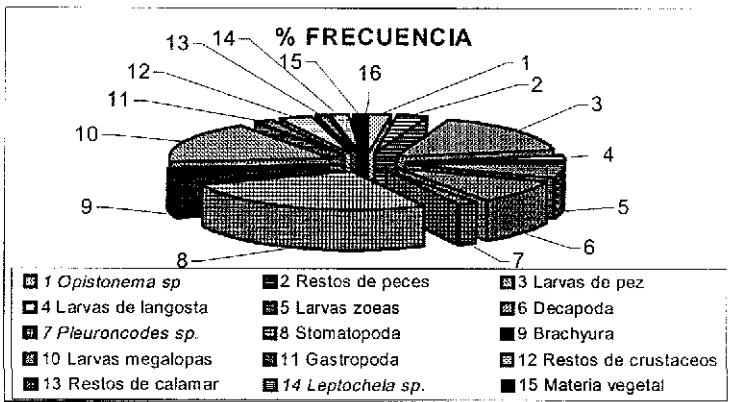
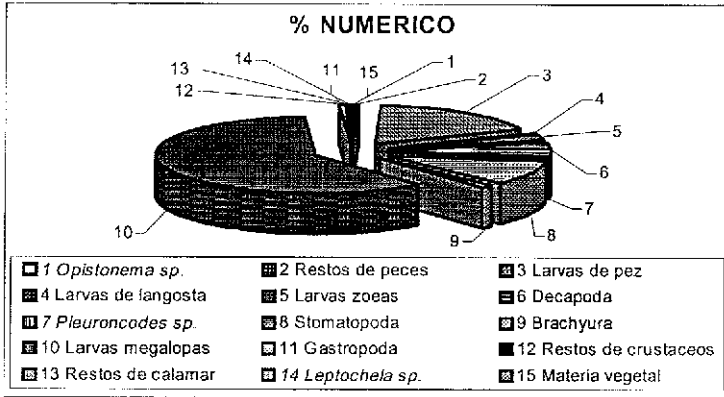




TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

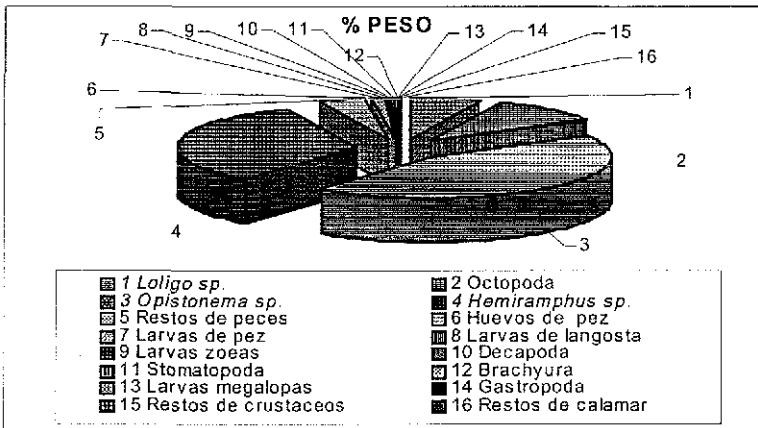
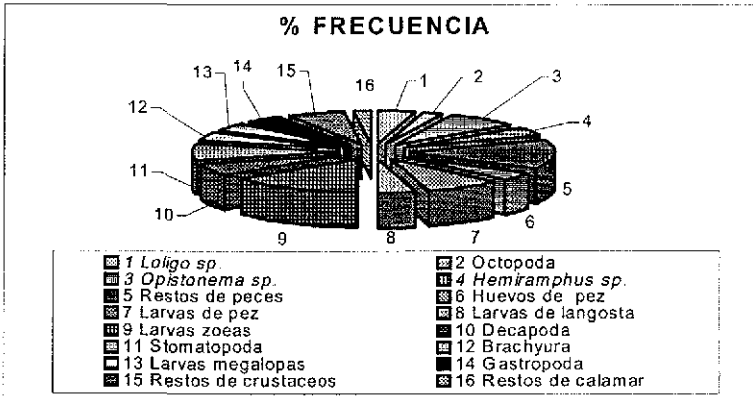
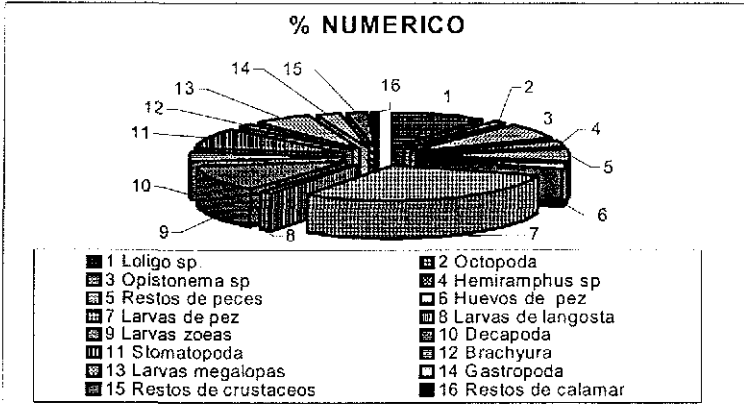


Figuras 30, 31 y 32 Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de la talla 1 de *K pelamis*.

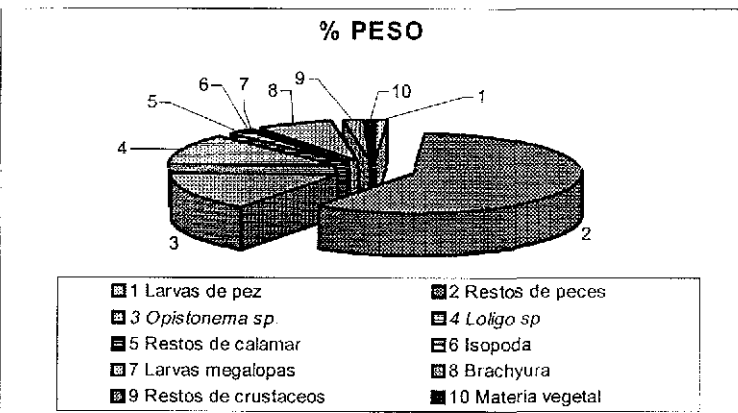
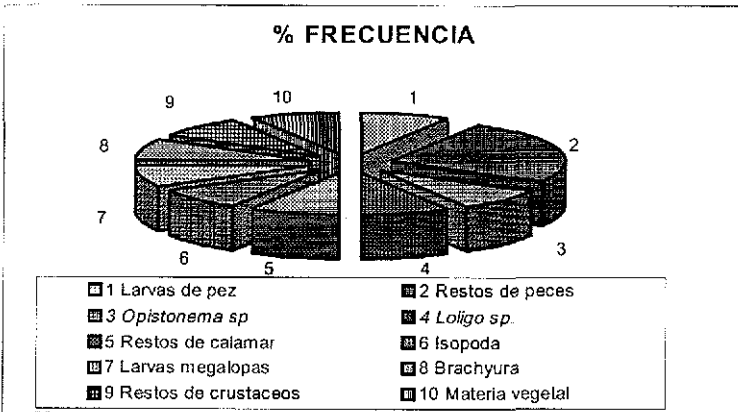
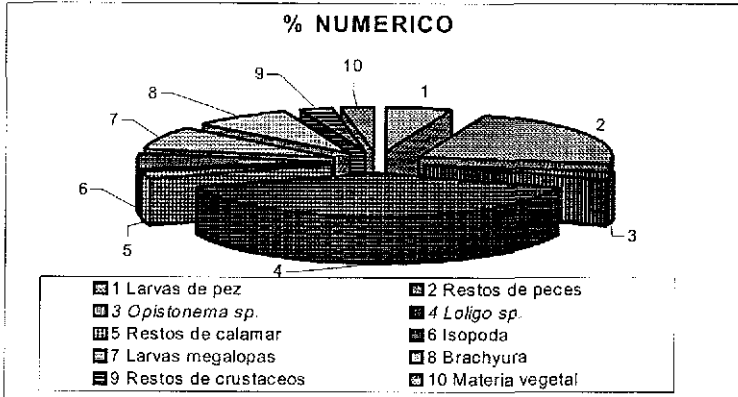


Figuras 33, 34 y 35. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de la talla 2 de *K. pelamis*

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

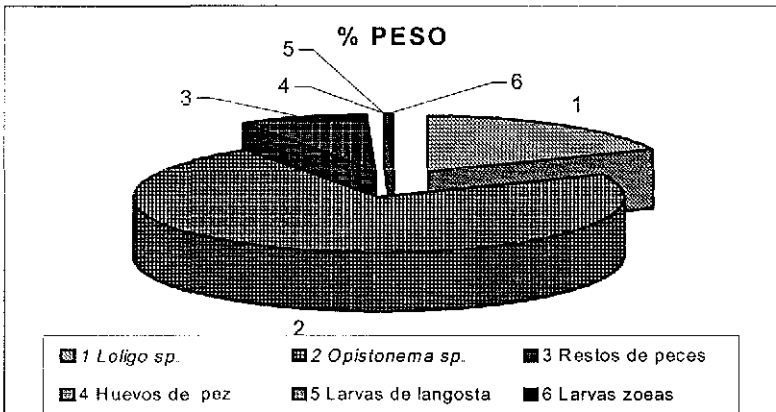
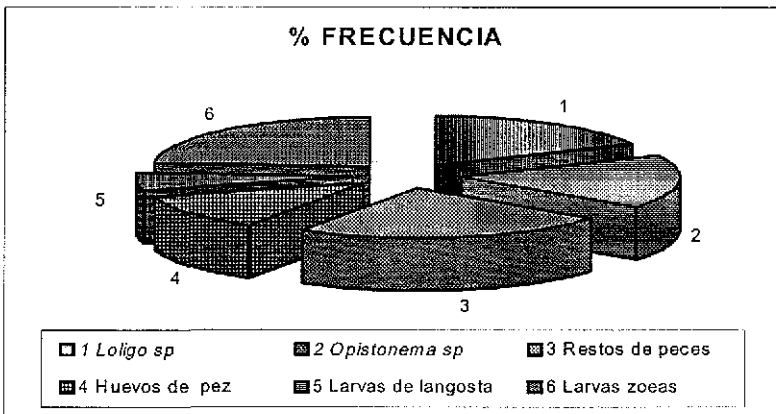
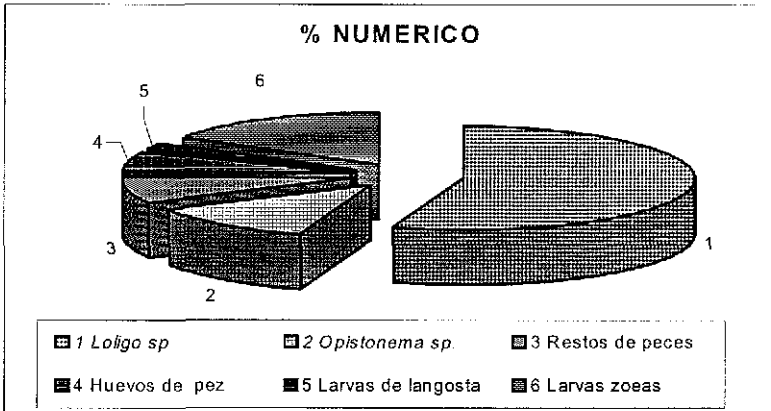


Figuras 36, 37 y 38. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de la talla 3 de *K. pelamis*.



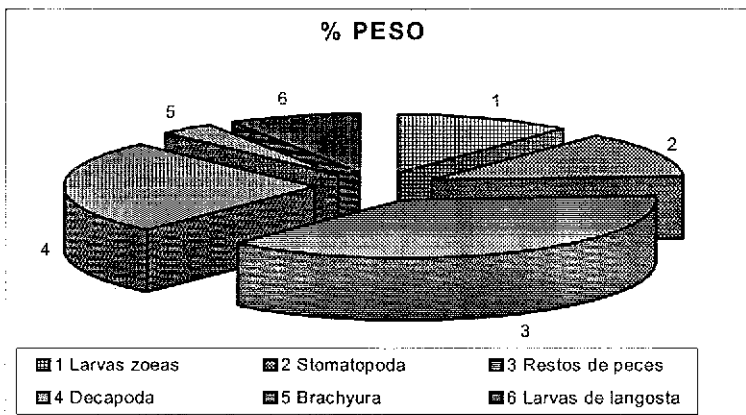
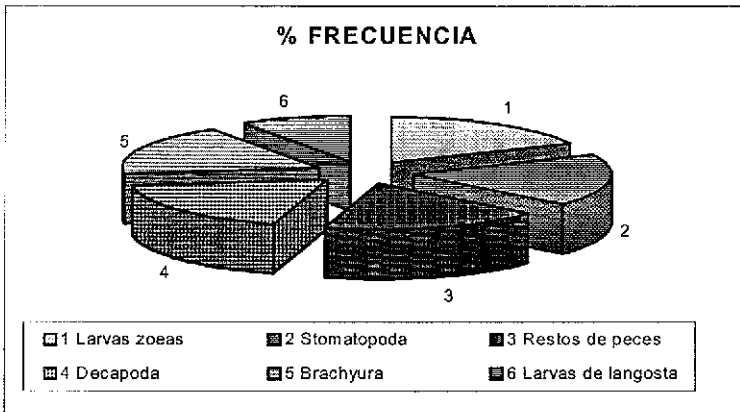
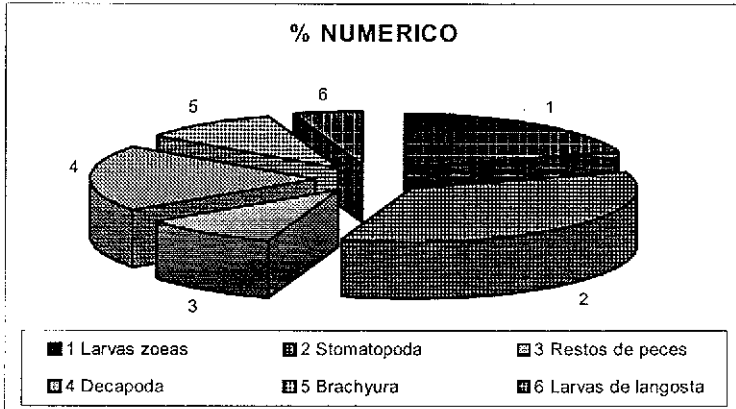
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figuras 39, 40 y 41 Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de la talla 4 de *K pelamis*.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

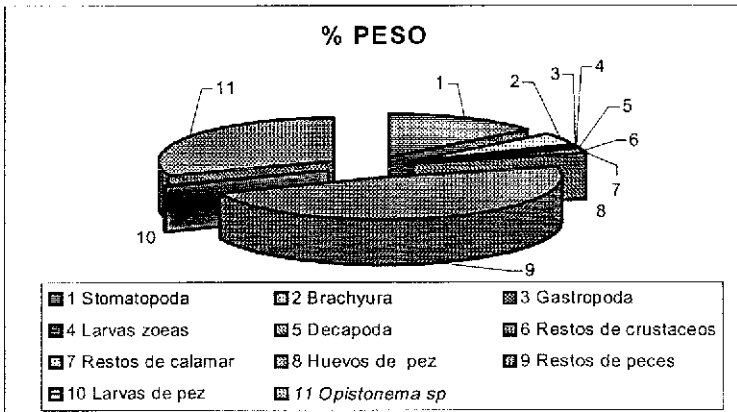
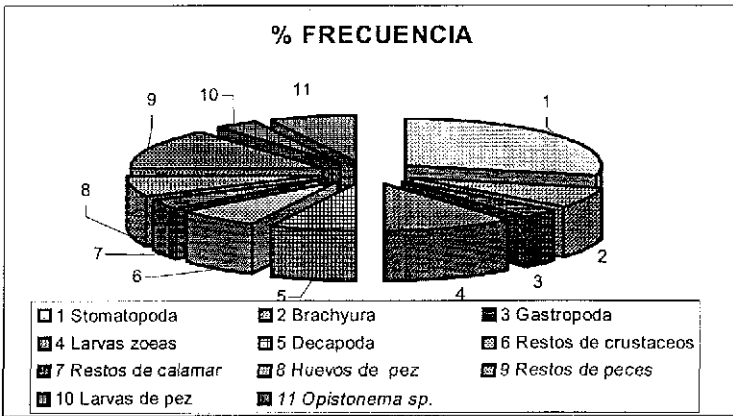
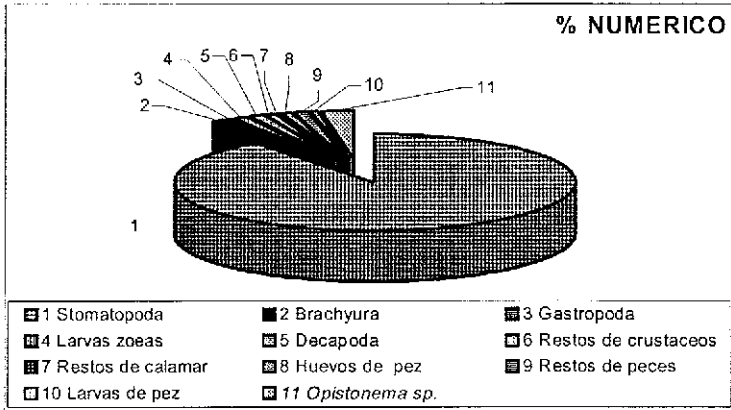
Figuras 42, 43 y 44. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* de febrero del 2000.



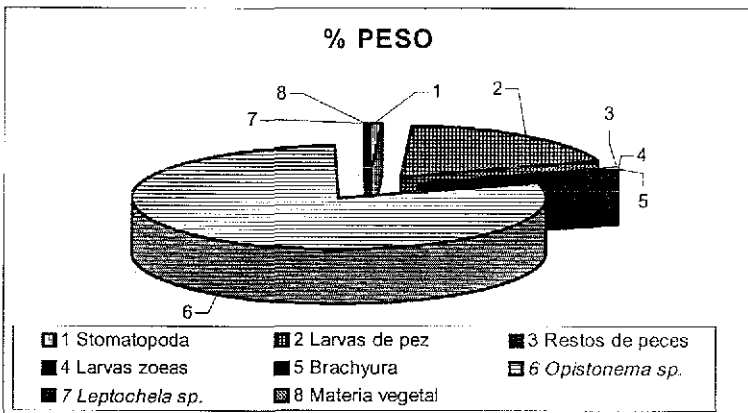
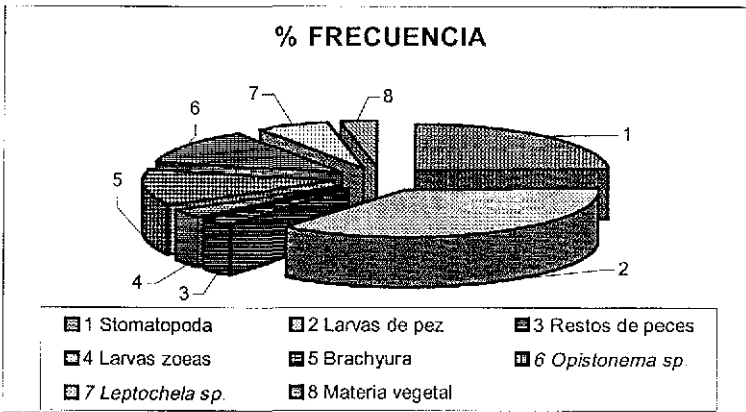
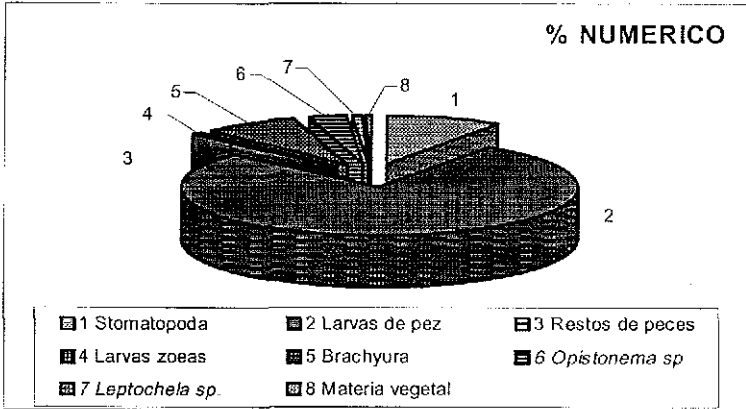
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figuras 45, 46 y 47. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* de abril del 2000.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



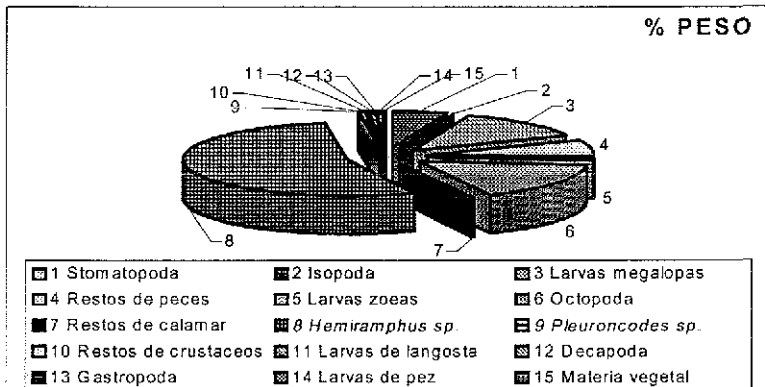
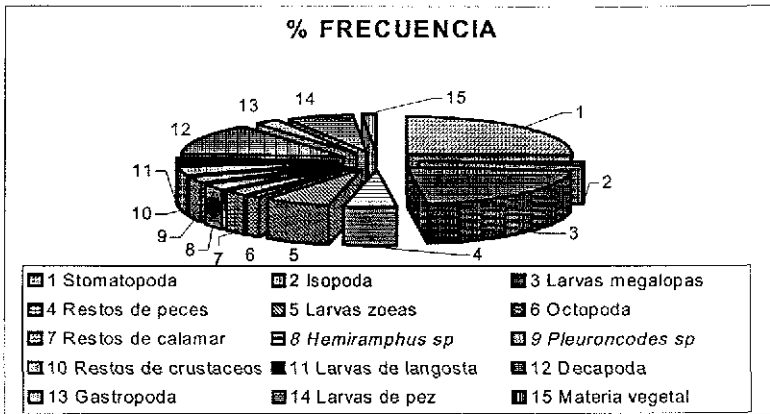
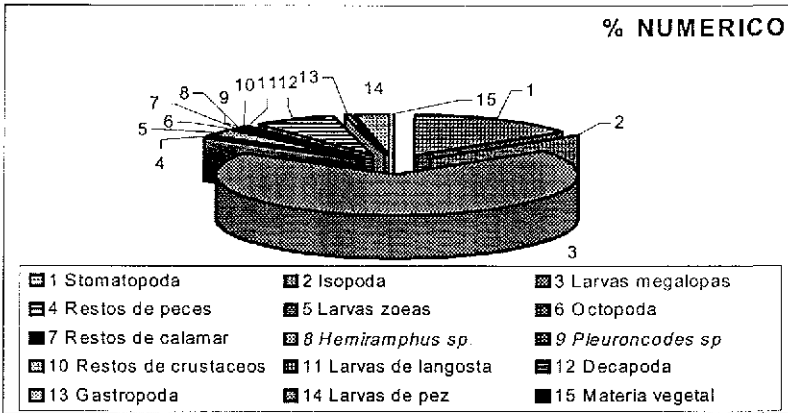
Figuras 48, 49 y 50. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* de junio del 2000



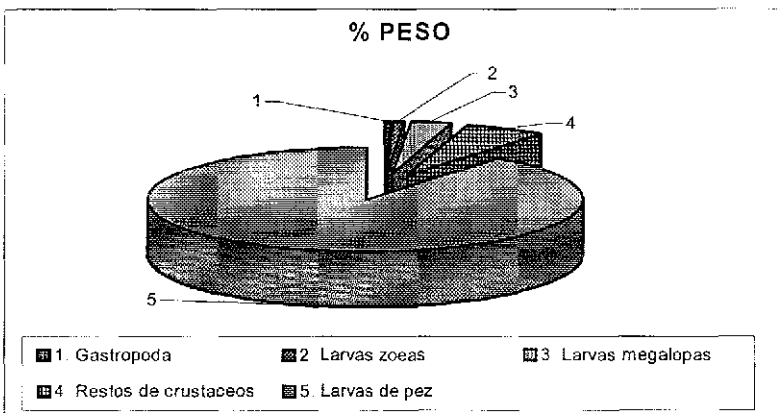
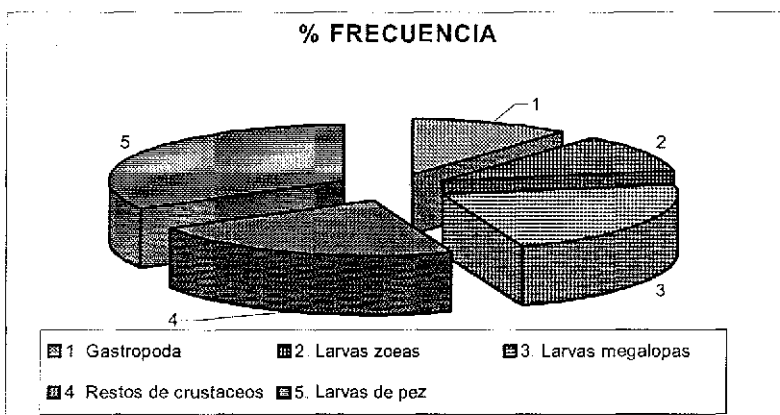
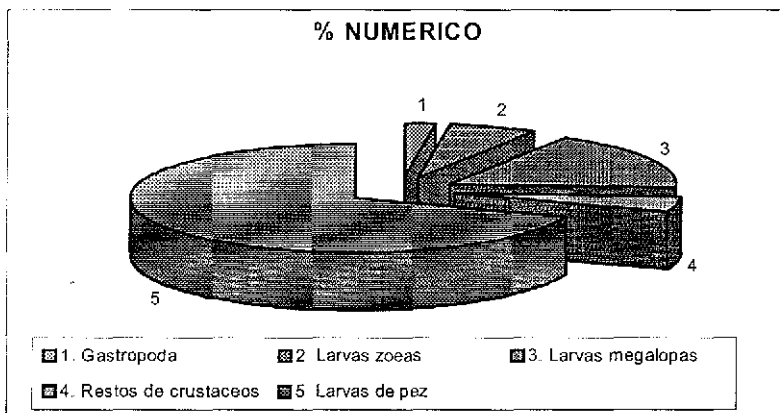
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figuras 51, 52 y 53. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* de agosto del 2000.





Figuras 54, 55 y 56 Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* de octubre del 2000.



Figuras 57, 58 y 59. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis*, de febrero del 2001

## **Apéndice II.**

Escala de madurez gónadica propuesta por Orange y modificada por Batts (1972):

### ***Hembras:***

**Estadio 1-S:** Gónadas pequeñas y como listones, no es posible distinguir el sexo a simple vista.

**Estadio 1.** Inmaduro: gónadas elongadas, el sexo puede determinarse a simple vista.

**Estadio 2.** Maduro temprano: Gónadas turgentes, pero no se distinguen ovocitos individuales a simple vista

**Estadio 3.** Maduro tardío: Gónadas alargadas, ovocitos individuales visibles a simple vista.

**Estadio 4.** Maduro: Ovarios grandemente alargados, ovocitos translúcidos, fácilmente disgregados de los folículos ováricos, o cercanos al lumen ovárico.

**Estadio 5.** Desovadas: Incluye peces en desove y post-desove, ovocitos maduros remanentes en varios estadios de reabsorción y ovocitos maduros restantes cercanos a 1 mm en diámetro.

### ***Machos:***

**Estadio 1-S:** Gónadas pequeñas y como listones, no es posible distinguir el sexo a simple vista.

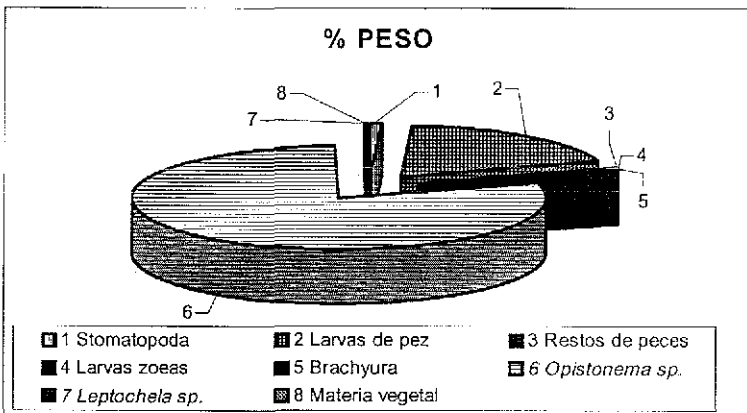
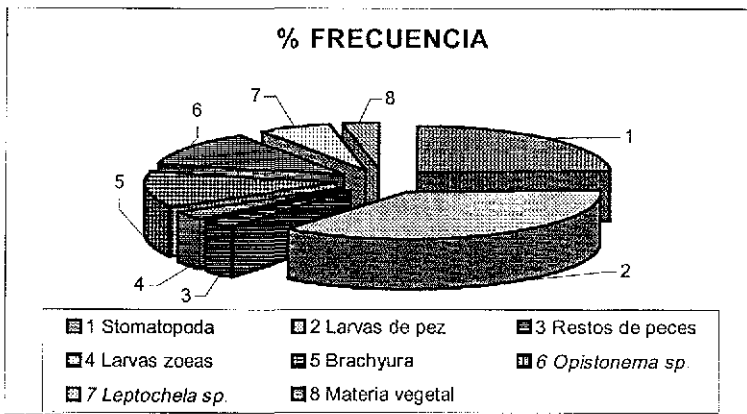
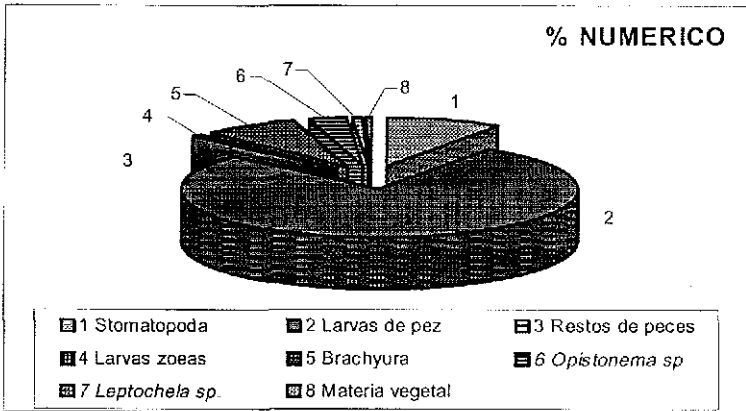
**Estadio 1.** Inmaduros: Testículos extremadamente delgados, aplanados y en forma de listón, pero puede distinguirse el sexo a simple vista.

**Estadio 2.** En maduración: Testículos alargados, triangulares en sección transversal, algo de semen en el canal central.

**Estadio 3.** Maduro: El semen fluye libremente en el canal central de los testículos.

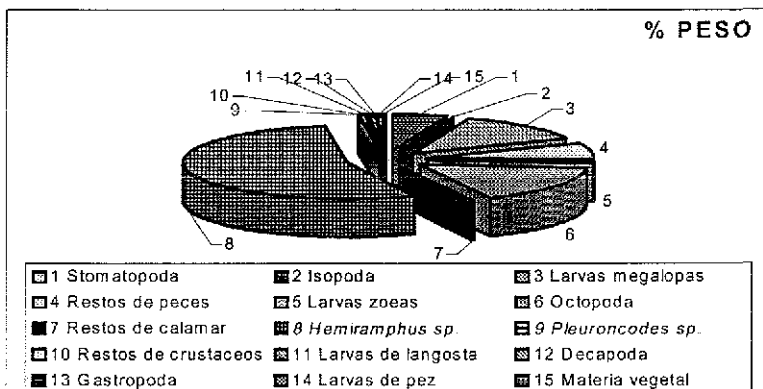
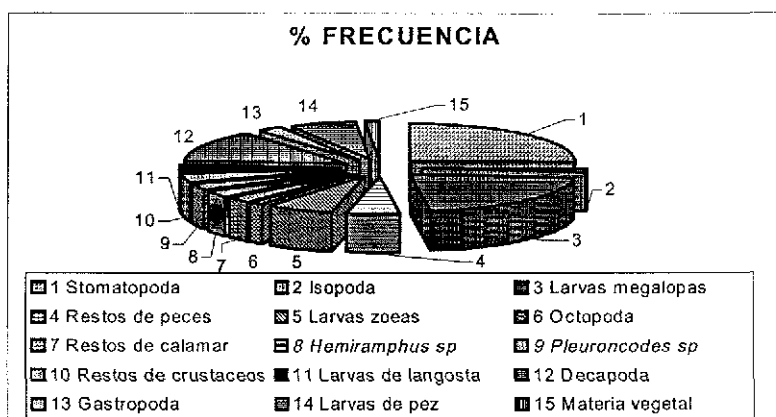
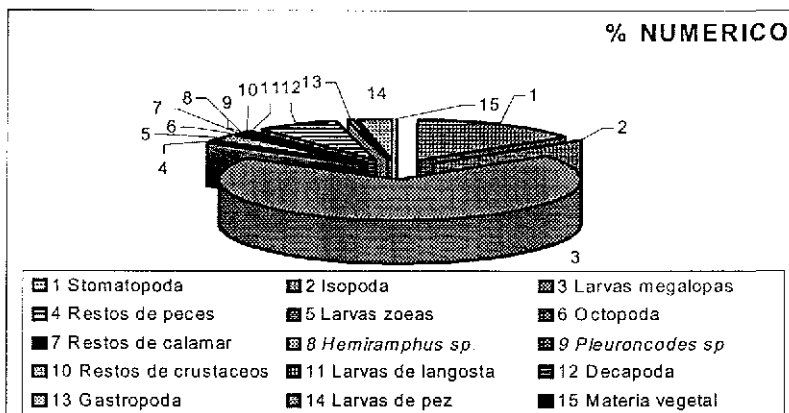
**Estadio 4.** Parcialmente vacía: Testículos grandes, superficie con manchas rojas, semen en el canal central.

**Estadio 5.** Vacía: Testículos flácidos, con manchas rojas, sin semen en el canal central.

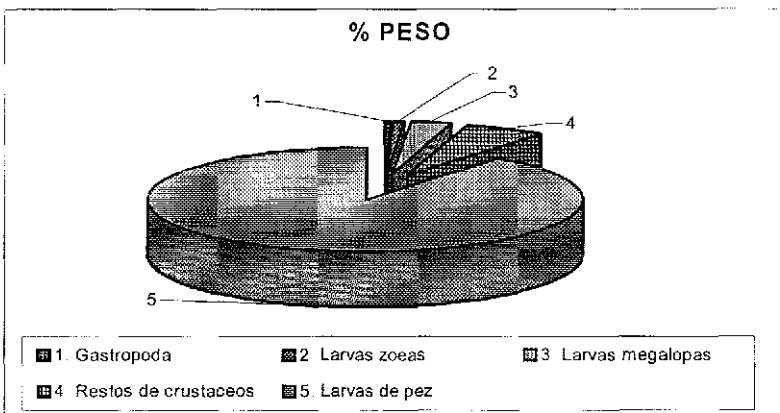
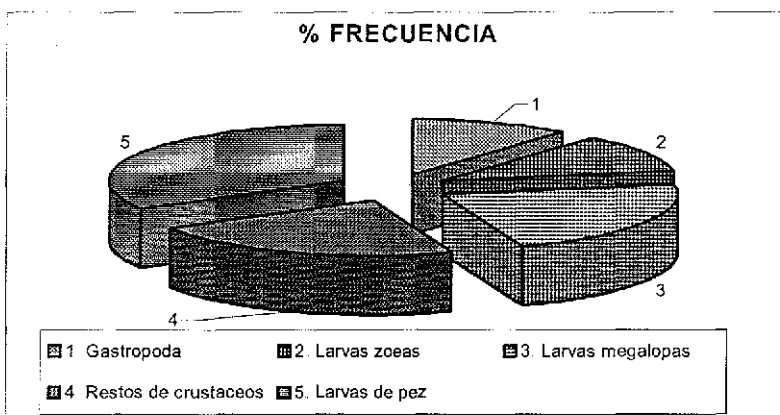
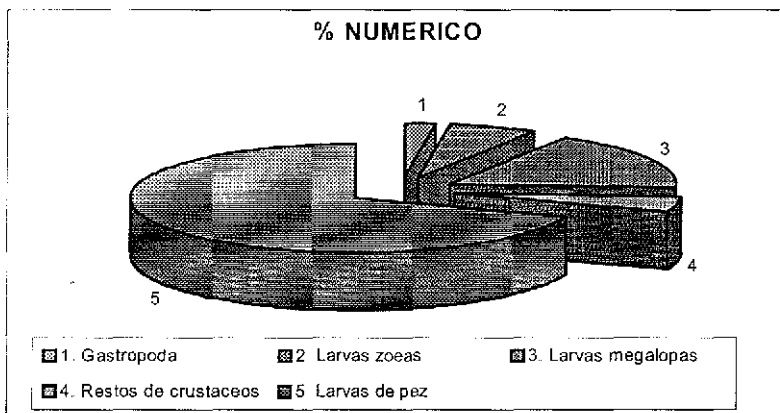


TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figuras 51, 52 y 53. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* de agosto del 2000.



Figuras 54, 55 y 56 Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis* de octubre del 2000.



Figuras 57, 58 y 59. Gráficas con los resultados de los análisis de contenido estomacal de *K. pelamis*, de febrero del 2001

## **Apéndice II.**

Escala de madurez gónadica propuesta por Orange y modificada por Batts (1972):

### ***Hembras:***

**Estadio 1-S:** Gónadas pequeñas y como listones, no es posible distinguir el sexo a simple vista.

**Estadio 1.** Inmaduro: gónadas elongadas, el sexo puede determinarse a simple vista.

**Estadio 2.** Maduro temprano: Gónadas turgentes, pero no se distinguen ovocitos individuales a simple vista

**Estadio 3.** Maduro tardío: Gónadas alargadas, ovocitos individuales visibles a simple vista.

**Estadio 4.** Maduro: Ovarios grandemente alargados, ovocitos translúcidos, fácilmente disgregados de los folículos ováricos, o cercanos al lumen ovárico.

**Estadio 5.** Desovadas: Incluye peces en desove y post-desove, ovocitos maduros remanentes en varios estadios de reabsorción y ovocitos maduros restantes cercanos a 1 mm en diámetro.

### ***Machos:***

**Estadio 1-S:** Gónadas pequeñas y como listones, no es posible distinguir el sexo a simple vista.

**Estadio 1.** Inmaduros: Testículos extremadamente delgados, aplanados y en forma de listón, pero puede distinguirse el sexo a simple vista.

**Estadio 2.** En maduración: Testículos alargados, triangulares en sección transversal, algo de semen en el canal central.

**Estadio 3.** Maduro: El semen fluye libremente en el canal central de los testículos.

**Estadio 4.** Parcialmente vacía: Testículos grandes, superficie con manchas rojas, semen en el canal central.

**Estadio 5.** Vacía: Testículos flácidos, con manchas rojas, sin semen en el canal central.