

Centro de Investigacion Cientifica y de  
Educacion Superior de Ensenada

*DETERMINACION DE EDAD DE LA ALBACORA DEL PACIFICO  
NORTE, Thunnus alalunga "Bonaterre 1788," CON BASE EN SUS  
ESTRUCTURAS OSEAS.*

TESIS  
MAESTRIA EN CIENCIAS

MARGARITA MARGOLLES SIERRA

*Ensenada, Baja California, Mexico. Febrero de 1995.*

RESUMEN de la Tesis de Margarita Margolles Sierra presentada como requisito para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOLOGIA con opción en ECOLOGÍA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Diciembre 1993.

DETERMINACIÓN DE EDAD DE LA ALBACORA DEL PACIFICO NORTE, *Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788) CON BASE EN SUS ESTRUCTURAS ÓSEAS.

Resumen aprobado por:

Dr. Oscar Sosa Nishizaki.

Se realizó un estudio comparativo de determinación de la edad de la albacora (*Thunnus alalunga*), con base en otolitos, vértebras, radios de la aleta anal, espinas de la primera aleta dorsal, opérculos y preopérculos. Las muestras fueron obtenidas por observadores a bordo cuatro viajes de pesca comercial, de la pesquería con arrastre de currican superficial de los Estados Unidos de América, empezando en junio de 1993 dentro de la Zona de Transición del Pacífico Norte, moviéndose hacia el este durante los meses de julio y agosto, y finalizando cerca de Vancouver y las islas Queen Charlotte, Canada en septiembre. Durante cada día de pesca, los observadores registraron la longitud fork (LF) de cada individuo en toda la captura y submuestrearon 100 individuos entre 51-74 cm de LF, a los cuales se les extrajo las estructuras óseas.

La edad absoluta promedio obtenida de los otolitos leídos fue de 1,100 días, (n=270), con un promedio en años de 3.01, con una mínima de 706 días y una máxima de 1,440 días. La relaciones entre el peso y la longitud del otolito con respecto a la edad obtenida y la longitud fork, mostraron tendencias de tipo lineal, en casi todos los casos, exceptuando la relación entre peso del otolito contra longitud fork la cual fue de tipo exponencial ( $R^2=0.75$ ). La relación entre LF y la edad absoluta estimada presentaron una tendencia de tipo estacional.

Los opérculos y preopérculos no presentaron marcas de crecimiento claras, por lo que fueron desechados. La edad promedio obtenida en vértebras, radios y espinas fue de 2.94, 2.98 y 1.90 respectivamente. Para comparar las determinaciones de la edad se aplicó la prueba no-paramétrica Kruskal-Wallis tomando las lecturas hechas en otolitos como control, encontrándose que por lo menos una de las estructuras era significativamente diferente, después se hicieron comparaciones múltiples utilizando el método de Dunn's para establecer, cual era diferente, concluyendo que si existía diferencias significativas entre las edades medias de otolitos y espinas, mas no entre otolitos contra vértebras y radios. La mayor coincidencia en las edades obtenidas se dio entre otolitos y vértebras (81.9%), seguida por la edad obtenida en radios de la aleta anal (60.3%).

Debido a su alta precisión y exactitud, además de la facilidad de colecta y procesado tanto vértebras como radios de la aleta anal pueden ser utilizadas como una estructura alterna a otolitos para la determinación de la edad para la albacora del Pacífico Norte.

### **Abstract.**

A comparative age determination study for albacore (*Thunnus alalunga*) was made based on otoliths, vertebrae anal fin rays, first dorsal fin spines, operculum and preoperculum bones. The samples were obtained by observers onboard of four commercial fishing trips of the US troll fishery. Sampling began at June 1993 in the North Pacific Transition Zone, moving to the east during July and August and fishing near Vancouver and Queen Charlotte Islands, Canada, In September. During each fishing day, the observers sampled all decked albacore and measured. Throughout a troll trip, each observer attempted to subsample randomly 100 albacore between 51 to 74 cm FL and collected calcified structure as sagitta otoliths, vertebrae, dorsal spine, anal ray and opercule for age analysis.

The mean absolute age from the otoliths daily increments counting was 1,100 days old (n=270) or 3.01 years, with a minimum of 706 days and a maximal of 1440 days.

Otolith weight and length were linearly related to estimated age and fish fork length, for most of the case, excepting the relationship between otolith weight and fork length, which was exponential type. The lineal regression models were close-fitting related to estimated age whether than fork length. The relationship between size (FL) and estimated absolute age showed a seasonal triend.

The operculum and preoperculum bones did not showed clear growth marks and were not analyzed.

The mean age estimated by vertebrae, rays and spines were 2.94, 2.98 and 1.90 years old respect. For comparing the determinate age between osseous structures, the non-parametric Kruskal-Walles test was applied, using the otolith age in years as a control. It was founded that at least one of the structures was significantly different. Then multiple comparisons were done using the Dunn's test to stablish which one was different, resulting in a significant difference were found between mean age of otoliths and spines. However non significant deference were found between otoliths with vertebrae and rays.

The major coincidence in the obtained age resulted between otoiths and vertebrae (81.9%), followed by the obtained age using anal fin rays (60.3%).

Due to high accuracy and precision, and the ease of processing and collecting, vertebrae and anal fin rays could be used has an alternative structure on age determination for North Pacific albacore.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE  
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA.

DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA.  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA MARINA.

DETERMINACIÓN DE EDAD DE LA ALBACORA DEL PACIFICO NORTE, *Thunnus*  
*alalunga* (Bonaterre, 1788) CON BASE EN SUS ESTRUCTURAS ÓSEAS.

TESIS

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

EN CIENCIAS presenta:

MARGARITA MARGOLLES SIERRA.

Ensenada, Baja California, México. Febrero de 1995.

## **DEDICATORIA**

**A mi familia por su incanzable apoyo,  
comprensión y que apesar de la  
distancia siempre estan junto a mi.**

## AGRADECIMIENTOS

La culminación de este trabajo significa el final de otra etapa en mi vida en la cual el mérito no ha sido sólo mío, sino de un grupo de colegas e instituciones las cuales de manera desinteresada y en ocasiones anónima, han puesto su mayor esfuerzo.

A CONACyT por el apoyo económico que me brindo.

A CICESE por todas las facilidades otorgadas en mi estancia en este centro.

A los cuatro observadores del programa de pelágicos de la "National Marine Fisheries Services" (NMFS) y de la "National Oceanography Admosfer Administration" (NOAA), quienes recolectaron todas las estructuras óseas y de manera muy particular a David Holst y a Darlin Ramón, por su valiosa ayuda en la extracción de los otolitos utilizadas en esta tesis.

A mi asesor Dr. Oscar Sosa Nishizaki, quien fue mas que un asesor, transmitiéndome sus conocimientos y experiencias, confiando en mi en todo momento. Gracias amigo!.

Al Dr. Norman Bartoo quien sin conocerme me invito a participar en el proyecto generador de mi tesis, apoyadome en todo momento. Muchas gracias Norm.

A ti Gregory, que con tus atinados comentarios y criticas ayudaron al mejoramiento de esta tesis

Gracias Dr. Saul Álvarez B. por sus comentarios los cuales sin duda alguna fueron de gran valor. Igualmente el Dr. Ciro Martínez quien corrigió y criticó el manuscrito.

Al MC Vicente Ferreira por permitirme utilizar su laboratorio en el análisis de los otolitos.

A Pepe quien con su comprensión y cariño me ayudo de manera inmedible, he hizo mas agradable y feliz mi estancia en CICESE. Tambien gracias por tu apoyo en las lecturas de otolitos.

A ti Raque por tu sincera y muy afectuosa amistad y por el hermoso regalo de compartir conmigo tu bella familia.

A mis compañeros de generación: Elisa, Alfredo, Sui, Mónica, Eduardo, Luis Enrique, Idalia, Casandra, Josué y Unai, por todo lo que reímos y nos divertimos juntos, en esos momentos de locura. Igualmente a todos los demás estudiantes en CICESE: Ernesto, Susana, Mayoi, Alejandra, Yolanda, Salome, Cecy, Rafa, Lalo, Hector, Miguel, Maricela.

Gracias Alf por tus comentarios y correcciones en mi trabajo.

A todo el laboratorio de Ecología Pesquera: Sarita, Nury, Jorge, Manuel G., Reina, Concha, Victor, Yanira, Marina, Alex, Manuel, y Laura, con quienes compartí gran parte de mi estancia en este centro y con quienes discutí acaloradamente los temas mas diversos y con quienes siempre hacia falta tiempo para continuar la discusión.

Solo hay una palabra que encierra todo lo que significo tener a una persona en el departamento de ecología, siempre dispuesto a ayudarte con la mejor de las vibras y una gran sencillez. GRACIAS César.

A ti Gigio por que una vez más me has ayudado de manera incondicional y sencilla.

A mis dos amiguitas y ahora tres con las cuales he compartido en estos últimos meses amistad, compañerismo y sobre todo honestidad: Iriana, Soledad y Carla.

A todo el personal de intendencia: Gerardo, Rafael, Israel, Ricardo, Porfirio, Carlitos y Valentin quienes me hicieron menos dificiles y mas divertidas todas las largas e interminables noches de trabajo, con su ir y venir entre los cubículos y laboratorios, realizando su labor poco reconocida pero de vital importancia. Gracias muchachos.

A todas las personas que por una u otra razón en este momento se me escapan de la memoria, les reitero mi gratitud.

Maggie.

## CONTENIDO

	<b>Página.</b>
<b>I INTRODUCCIÓN.</b>	1
I.1 Aspectos biológicos	1
I.2 Aspectos pesqueros	4
I.3 Determinación de la edad.	6
I.3.1 Otolitos.	7
I.3.2 Otras estructuras.	8
I.4 Objetivos.	12
<b>II MATERIALES Y MÉTODOS</b>	13
II.1 Área de estudio y obtención de la muestra.	13
II.2 Preparación de los otolitos.	15
II.3 Preparación de las vértebras hemales.	18
II.4 Preparación de los radios de la aleta anal.	19
II.5 Preparación de las espinas de la primera aleta dorsal.	19
II.6 Preparación de los preopérculos y opérculos.	21
II.7 Criterios de comparación entre estructuras.	21
II.8 Estandarización de los criterios de lectura y asignación de la edad.	23
II.9 Análisis estadístico de los datos.	23
<b>III RESULTADOS.</b>	25
III.1 Descripción de los datos de frecuencia de talla.	25
III.2 Análisis de los incrementos diarios en otolitos.	25
III.3 Época de nacimiento.	30
III.4 Análisis de las edades obtenidas con base en las otras estructuras óseas.	34
III.5 Comparaciones entre estructuras óseas.	36
III.6 Análisis de la concordancia entre lectores y entre lecturas.	38
III.7 Comparación del tiempo de lectura.	40
<b>IV DISCUSIÓN.</b>	43
IV.1 Estimación de la edad mediante la depositación de incrementos diarios.	43
IV.2 Utilización de las dimensiones de los otolitos como herramienta en la determinación de la edad.	45

IV.3 Estimación de la época de nacimiento.	45
IV.4 Utilización de otras estructuras óseas para la determinación de la edad.	46
V CONCLUSIONES.	53
LITERATURA CITADA.	55

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura.</u>		<u>Pagina.</u>
1	Albacora del Pacífico, <i>Thunnus alalunga</i> (Bonnaterre, 1788).	2
2	Localización de los sitios de muestreos de las albacora utilizadas en el análisis de la edad. Los números indican los meses muestreados. Los cuadros llenos indican las albacoras muestreadas en julio y agosto de 1993.	14
3	Diagrama de la sagita (A) y núcleo (B) de la albacora, <i>Thunnus alalunga</i> .	16
4	Corte transversal de la segunda vértebra hemal de la albacora	20
5	Zona de corte en los radios de la aleta anal y sección lista para leerse.	20
6	Zona de corte en la primera espina de la primera aleta dorsal y la sección lista para leerse.	22
7	Diagrama del preopérculo y opérculo de la albacora del Pacífico Norte.	22
8	Distribución de frecuencia de tallas de todas las albacoras ( <i>Thunnus alalunga</i> ), medidas en la temporada comercial de 1993 (A), submuestra para este análisis de edad (B), individuos medios de la submuestra pertenecientes a la existencia del "Sur" (C) y a la existencia del "Norte" (D).	26
9	Histograma de distribución de frecuencia de edad absoluta con base en el conteo de anillos de incrementos diarios en otolitos.	28
10	Distribución de frecuencia de edad divididos en modas de clase anual con base en su longitud furcal, A) 2 años (LF 51-60 cm); B) 3 años (LF 61-69 cm y C) 4 años (LF 70-82 cm).	29
11	Relación entre longitud furcal contra el peso del otolito (A), y la longitud postrostrum del otolito (C); y la edad absoluta estimada en días contra peso del otolitos (B) y la longitud postrostrum del otolito (D) para la albacora del Pacífico Norte.	31

- 12 Relación entre longitud furcal y la edad absoluta estimada en días, para todas las albacoras utilizadas en la determinación de la edad (A), y la relación para la existencia del "Norte" y la existencia del "Sur" (B) de la albacora del Pacífico Norte. 32
- 13 Distribución de la fecha de nacimiento de la albacora, *Thunnus alalunga* estimada en meses, con base en el retrocálculo de la edad absoluta. A) Toda la muestra, B) albacoras de la existencia del "Norte" y C) albacoras de la existencia del "Sur". 33
- 14 Frecuencias de edades estimada a partir de: A) otolitos, B) segunda vértebra hemal, C) radios de la aleta anal y D) espinas de la primera aleta dorsal, para la albacora del Pacífico Norte. 35
- 15 Diagrama de caja entre las edades asignadas con base en otolitos, vértebras, radios y espinas, para la albacora del Pacífico Norte. 37
- 16 Distribución y traslapo de edades obtenidas con base en otolitos, vértebras, radios y espinas, con respecto a la longitud furcal de la albacora del Pacífico Norte. 39
- 17 Comparación entre edades asignadas usando: A) segunda vértebra hemal, B) radios de la aleta anal, C) espinas de la primera aleta dorsal y edades asignadas usando otolitos. El número en cada diamante representa el número de peces datados y la línea de 45 representa el 100% de coincidencia. 41

**LISTA DE TABLAS.**

<b><u>Tablas.</u></b>		<b><u>Página.</u></b>
I	Coefficientes de variación entre lectores, para las tres estructuras ósea de la albacora ( <i>Thunnus alalunga</i> ).	38
II	Promedio porcentual de coincidencia entre las diferentes estructuras calcificadas, con base en los conteos de las marcas de crecimiento. Entre lecturas, entre lectores y con respecto a las lecturas hechas en los otolitos de la albacora <i>Thunnus alalunga</i> .	40
III	Frecuencia de las diferencias entre la edad asignada con la lectura de otolitos y las otras tres estructuras.	42
IV	Comparación de las edades obtenidas por diferentes trabajos en los últimos 30 años utilizando diferentes metodologías.	52

# DETERMINACIÓN DE EDAD DE LA ALBACORA DEL PACIFICO NORTE, *Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788) CON BASE EN SUS ESTRUCTURAS ÓSEAS.

## I INTRODUCCIÓN.

### I.1 Aspectos biológicos.

La albacora (*Thunnus alalunga*) pertenece al grupo que comúnmente se conoce como túnidos o atunes (figura 1). La taxonomía, de las especies de este grupo están situadas dentro de la tribu Thunnini de la familia SCOMBRIDAE. Esta tribu incluye a los géneros *Auxis*, *Euthynnus*, *Katsuwonus* y *Thunnus* (Collette y Nauen, 1983).

Dentro de los túnidos, la albacora es una especie con anatomía piciforme, de tamaño grande, que puede alcanzar hasta 127 cm de longitud furcal (LF). Es una especie oceánica, con comportamiento epi y meso pelágico; tiene una distribución cosmopolita en aguas tropicales y templadas, desde los 45° a 50° N hasta los 30° a 40° S, sin estar cercanos a la superficie entre los 10°N y 10°S (Foreman, 1980; Collette y Nauen, 1983). La captura de la albacora está asociada a un intervalo térmico promedio superficial de 15.6° a 19.4 °C. Como resultado de experimentos telemétricos se ha observado que la albacora puede realizar movimientos verticales hacia aguas más frías (9.5 °C) por períodos cortos de tiempo (Clemens, 1961). Se ha notado una relación entre la longitud del pez y la temperatura del agua; donde los peces pequeños tienden a estar asociados con aguas frías y los peces grandes se encuentran asociados a intervalos térmicos mayores (Clemens, 1961).

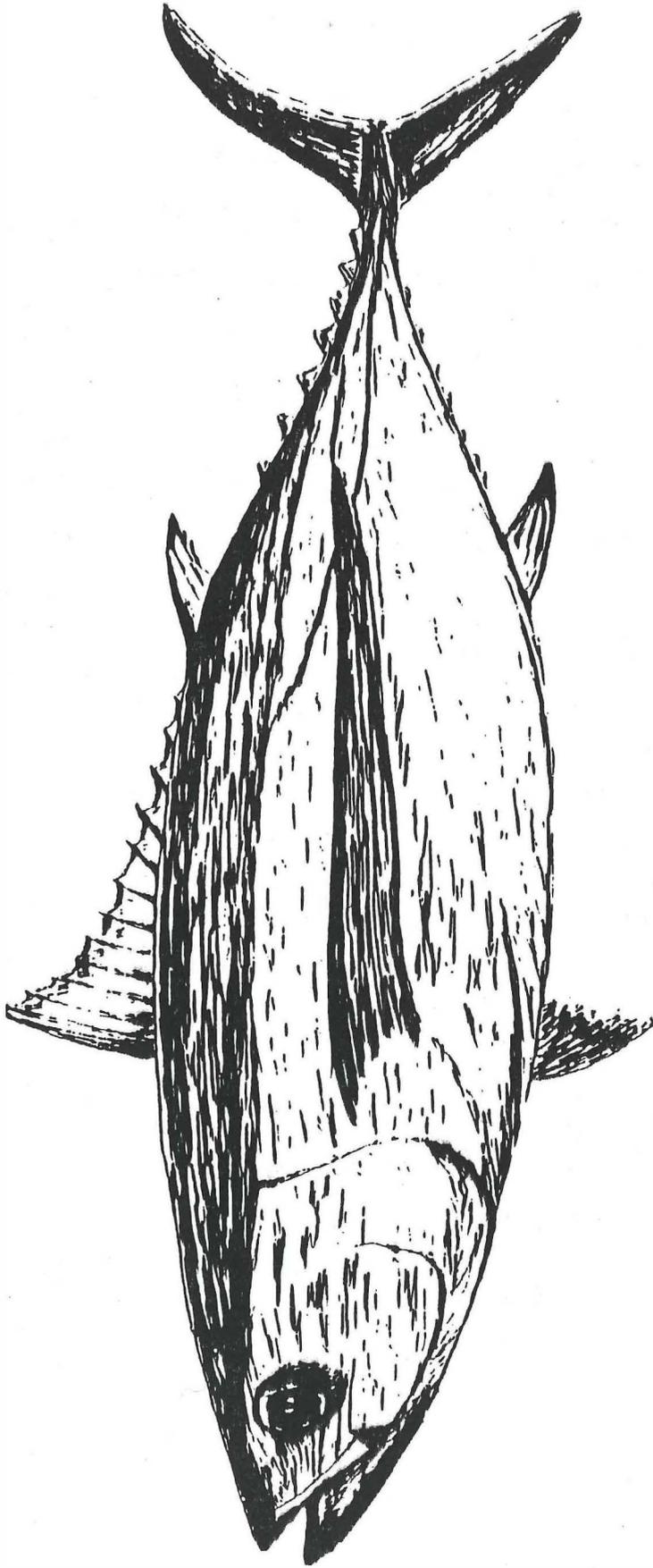


Figura 1.- Albacora del Pacífico Norte, *Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788)(Joseph et al. 1988).

La albacora es altamente migratoria y sus migraciones han sido descritas por varios autores (Clemens, 1961; Otsu y Uchida, 1963; Laurs y Lynn, 1977). Los juveniles (de 1 a 5 años) realizan movimientos extensivos desde América del Norte, cruzando el Pacífico durante el otoño y reclutándose en las zonas de las pesquerías japonesas, en el Pacífico Occidental, a fines del invierno y principios de la primavera. Después estos juveniles retornan hacia Norte América (Joseph *et al.*, 1988; Bartoo y Foreman, 1993).

Las migraciones se han interpretado como una estrategia poblacional para situar a los adultos, durante las épocas de reproducción, en aguas más apropiadas para el crecimiento y sobrevivencia larval. Así como para situar a los juveniles y adultos en períodos no reproductivos en masas de agua con un alto contenido de presas adecuadas (Longhurst y Pauly, 1987).

Esta información sugiere que al menos, en el Pacífico Norte, existe una sola existencia de albacora, la cual tiene una distribución concentrada en la parte norte, principalmente en la porción oriental. En la parte sur de esta distribución, los organismos adultos tienden a concentrarse desapareciendo en latitudes cercanas al ecuador (Bartoo y Foreman, 1993).

Sin embargo, estudios de marcado y recaptura sugieren que esta población no es tan homogénea, y por lo menos existen dos poblaciones o subpoblaciones, las cuales presentan distintas tasas de crecimiento, composición de tallas y rutas migratorias. Una de las subpoblaciones se encuentra localizada al norte de los 40° N y la otra al sur de los 40° N. Son los peces de la supuesta subpoblación nórdica, quienes efectúan las migraciones transoceánicas entre el Pacífico oriental y el occidental (Laurs y Wetherall, 1981; Laurs, 1983).

La migración, distribución, presencia y vulnerabilidad a las artes de pesca de la albacora se ven influenciadas notablemente por las condiciones oceanográficas (Laur, 1983). La temperatura del agua ha sido mencionada como un factor determinante de la distribución de la albacora (Clemens, 1961). Laur y Lynn (1977) mencionaron que esta especie tiende a distribuirse a lo largo de frentes térmicos, siendo estas zonas apropiadas para su captura. La congregación alrededor de los frentes formados por las surgencias costeras, revelan que el comportamiento de estos organismos está condicionado por el alimento más que por los mecanismos termo-fisiológicos (Laur *et al.*, 1977; Sund, *et al.*, 1980).

La utilización de las imágenes de satélite del Coastal Zone Color Scanner (CZCS) en el estudio de los patrones de migración y congregación de la albacora, a lo largo de los frentes oceánicos, mostraron que estos organismos se mantienen en aguas con alta claridad con respecto a las adyacentes. Esto sugiere que las aguas claras ayudan al atún para ver mejor a su presa, jugando un papel importante en el mecanismo que los mantiene agregados en el lado cálido y claro del frente termal en la superficie del océano (Laur, 1983).

## **I.2 Aspectos pesqueros.**

Los túnidos son la base de una de las pesquerías más importante a nivel mundial. Esto se debe a su gran demanda para la alimentación, así como por su alta generación de empleos y contribución al producto interno de los países que la realizan. Son varias las especies de túnidos que se capturan a nivel comercial, destacan el barrilete (*Katsuwonus pelamis*) y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), que son las especies más abundantes y en conjunto han aportado, en los últimos cinco años un promedio de 68.05 % (2.8 millones

de tm.) de la producción mundial de túnidos. La albacora (*T. alahunga*) y el patudo (*T. obesus*) son la especies que le siguen en orden de importancia (FAO, 1993).

La albacora del Pacífico Norte se ha pescado frente a el Japón y los Estados Unidos de América (E. U. A.) desde fines del siglo pasado. Estas primeras pesquerías eran costeras, ya que sólo cubrían algunos cientos de millas desde la costa. A principios de los 50s la pesquería de palangre japonesa se extendió a través del Pacífico, alcanzando la costa del continente Americano a principio de los años 60s (Bartoo y Foreman, 1993).

En el Pacífico Norte, la albacora es capturada por medio de artes de pesca sub-superficiales y superficiales. El palangre (arte sub-superficial) es utilizado en su mayoría por el Japón (95% de la captura total con esta arte) y en menor medida por Taiwán y Corea. Dentro de las pesquerías superficiales que capturan cantidades notables de albacora, en esta región, se encuentran la pesquería con arrastre de currican en superficie, de los E. U. A.; la pesquería de vara del Japón; la pesquería de redes agalleras con luz de malla grande de Taiwan y Japón; y la pesquería de redes agalleras calamareras de Japón, Taiwán y Corea (Bartoo y Foreman, 1993).

La captura promedio mundial, de albacora los últimos años (1985-1991) fue de 212,753 tm, la cual representa el 6.87 % de la captura total de atunes, de los cuales el 54.23 % se captura en el océano Pacífico y el 25.48 % en el Pacífico Norte (FAO, 1993).

El precio en el mercado y la demanda mundial de albacora se ha incrementado de una manera considerable (de 2 a 2.5 veces), comparado con el precio que se paga por los otros atunes tropicales utilizados para el enlatado. La albacora es entonces una especie de alta calidad y mayor contenido de carne blanca, aumentando su valor económico y demanda en todo el mundo (Bartoo y Foreman, 1993).

El interés internacional de regular y proteger los recursos migratorios, crea la necesidad de estudiar las poblaciones marinas en toda su distribución geográfica. En el caso de la albacora, al ser capturada por diferentes artes de pesca y por varios países, el estudio profundo y el seguimiento sistemático de su pesquería involucra una serie de factores geográficos, políticos, económicos, sociales, oceanográficos y biológicos.

Dentro de los factores biológicos, la determinación de la edad es un elemento clave en el estudio de la dinámica poblacional de las especies, ya que forma la base para la caracterización del crecimiento individual; así como nos permite determinar la estructura por edades de la población, la edad de primera captura y la edad de primera madurez. Esto conduce a conocer otros parámetros poblacionales, tales como mortalidad, supervivencia y reclutamiento, los cuales son fundamentales en el análisis y manejo adecuado de las pesquerías (Holden y Raitt, 1974).

### **I.3 Determinación de la edad.**

En la actualidad existen diferentes metodologías para determinar la edad en los peces (Nielsen y Johnson, 1983; Cailleit *et al.*, 1986, y Morales-Nin, 1991): a) las basadas en la observación directa, por mediciones de la talla del mismo individuo en diferentes tiempos; b) el análisis de las frecuencias de tallas; y c) el método anatómico, el cual consiste del conteo de las marcas rítmicas de crecimiento formadas en los tejidos óseos, (tales como escamas, otolitos, vértebras, espinas, radios y opérculos). La formación de anillos estacionales en los tejidos calcificados de los peces óseos, es el resultado de los cambios en la tasa de crecimiento de los organismos, como una respuesta a la variabilidad del medio ambiente en el

que se desarrollan. Este último método es uno de los más usados para la determinación de la edad en peces óseos.

### I.3.1 Otolitos.

Un pez posee tres pares de otolitos denominados *lapillus*, *sagitta* y *asteriscus*. La *sagitta* es la estructura más utilizada para la determinación de la edad, por ser la de mayor tamaño. Los otolitos de los teleosteos son complejos cuerpos policristalinos, localizados dentro del oído interno, actuando activamente en los mecanismos de equilibrio y recepción del sonido. Los otolitos están compuestos de un material inorgánico, generalmente de carbonato de calcio cristalizado en forma de aragonita y de una proteína fibrosa (matriz orgánica), otolina, de tipo colágeno (Pannella, 1980, Morales -Nin, 1988 a y 1991).

El avance más importante en los estudios de la determinación de la edad en peces, desde los 70s hasta la actualidad, es sin duda el descubrimiento de las marcas concéntricas de crecimiento diario, hecho por Panella en 1971. En la actualidad este descubrimiento ha ayudado a resolver los problemas de precisión y exactitud, además de aportar elementos fundamentales para la identificación de la posición del primer anulus, para la determinación de la edad en peces de vida corta y para validar la edad de peces jóvenes en algunas especies (Beamish y McFarlane, 1987).

Los otolitos crecen por aposición de material sobre su superficie, esta depositación cíclica depende de los ritmos internos del metabolismo del calcio y de la síntesis aminoacídica. Campana y Neilson (1982,1985) y Neilson y Green (1982) establecieron que la formación de bandas diarias es continua y está gobernada principalmente por procesos endo-crinológicos de los peces. Estas bandas están compuestas por una unidad continua y

una discontinua (Panella, 1971, Dunkerberguer *et al.*, 1980). La formación de incrementos diarios en los otolitos permite, en teoría, determinar la edad con precisión, por lo que es recomendable utilizarlos para larvas y juveniles. A partir de los primeros años de vida la finura de las depositaciones y la morfología de los otolitos varía, dificultándose la interpretación de los otolitos de los adultos (Morales-Nin, 1988; Campana y Neilson, 1985). Además de la determinación de edad, los incrementos diarios se han utilizado para validar la periodicidad de las bandas anuales (Pannella, 1980), determinar los cambios en el crecimiento (Gutiérrez y Morales-Nin, 1986), estimar el reclutamiento y mortalidad, así como en estudios de taxonomía (Morales-Nin, 1991).

Laurs *et al.* (1985) validaron la depositación de incrementos diarios de crecimiento en la *sagitta* de la albacora del Pacífico Norte, los cuales habían sido inyectados con oxytetraciclina (OTC) previo a ser liberados y marcados. Ellos encontraron una relación lineal de 0.945 anillos por día, para organismos entre 50 y 100 cm de LF, concluyendo que a los incrementos contados, se les debe de agregar un 5% para obtener una edad estimada absoluta. Trabajos posteriores (Bartoo y Foreman, 1993), utilizando la misma técnica de lecturas totales en otolitos completos, nos sugieren que la albacora del Pacífico Norte tiene una longitud entre 35-40 cm de LF al primer año, concordando con lo encontrado para la albacora del Atlántico por González-Garcés y Fariña-Peréz (1983).

### **I.3.2 Otras estructuras.**

No obstante que la utilización de los otolitos para la determinación de edad ha sido validada para la albacora, la utilización de esta estructura ósea implica un gran costo económico. Existen varias desventajas en la utilización de los otolitos. Los otolitos son

difíciles de extraer e implican la decapitación del individuo, por lo que la toma de muestras puede llegar a alterar el valor mercantil del producto pesquero. Son estructuras frágiles, por lo que es muy fácil perder algunas muestras por ruptura. Su preparación y análisis implica muchas horas de trabajo en el laboratorio. Para determinar la edad, dentro de un programa de seguimiento sistemático de las características biológicas de la captura de una pesquería, la utilización de una estructura ósea alterna será solamente recomendable cuando ésta sea más fácil de manejar y no altere el valor comercial del producto (Sosa-Nishizaki *et al.*, 1989); así como su edad, exactitud y precisión no sean significativamente diferentes a las estimadas con la estructura validada.

La determinación de la edad con base en otras estructuras que no sean otolitos, no es algo nuevo. En la década de los 50s Boiko, fue el primero en sugerir que la observación de secciones en los radios de la primera aleta dorsal podría ser un buen método para la determinación de la edad. Currier (1951), mostró que los cortes de radios en otras aletas pueden ser utilizados también para la determinación de la edad, pero en general, han sido poco utilizados. Beamish (1981), utilizó los radios de la aleta pectoral del *Theragra chalcogramma* y los de la de la primera aleta dorsal del bacalao del Pacífico (*Gadus macrocephalus*), encontrando excelentes resultados para las dos especies. Sosa-Nishizaki *et al.* (1989) utilizaron los radios de la segunda aleta dorsal del barrilete (*Katsuwonus pelamis*), concluyendo que esta estructura era de preparación rápida, fácil de muestrear, no afectaba el valor comercial del pez y que puede ser usada como estructura alternativa o para validar otro método de detreminación de la edad.

Los primeros trabajos de determinación de la edad en atunes, utilizando el cuerpo central de la vértebra, fueron los realizados por Tan *et al.*, (1965), para el atún aleta amarilla (*T. albacares*); Farber y Lee, (1971) y Berry *et al.* (1977) y Berry (1978) para atún aleta azul

(*T. thynnus*); Chi y Yang (1973) y Sosa-Nishizaki *et al.* (1989) para barrilete (*Katsuwonus pelamis*).

Aparentemente no existen trabajos reportados que indiquen el uso de los opérculos para la determinación de la edad en peces marinos. Para el caso de peces de agua dulce existen algunos trabajos que mencionan que la utilización de opérculos proporcionan buenos resultados (LeCren 1947; McConnell 1952; Frost y Kipling 1959; Babaluk y Campbell 1987; Sharp y Bernard 1988; Baker y Timmos 1991). Para los peces del género *Cyprinus*, la utilización de los opérculos ha sido ampliamente recomendada, debido a su facilidad y rapidez en la preparación y a su alta confiabilidad en la precisión, comparado con el uso de escamas (McConnell, 1952).

Diversos autores han determinado la edad de la albacora del Pacífico Norte, Sur y en el Atlántico con base en lecturas del cuerpo central de la vértebra (Partlo 1955; Figueras 1957; Otsu y Uchida 1959; Shomura 1966). Fernández, 1991 y Labelle *et al.*, 1993 mas recientemente. Hue (1979), examinó las 39 vértebras de la albacora con la finalidad de establecer cual de ellas era la más apropiada para la determinación de la edad, concluyendo que las vértebras 2, 7, 12, 17, 22, 27 y 32 muestran claramente las bandas de crecimiento .

Los radios de la aleta anal fueron utilizados por Beamish (1981), concluyendo que su interpretación tiene menos problema que cualquier otro método publicado, hasta esa fecha para esta especie, además de su fácil manejo y preparación.

Con frecuencia la estructura más utilizada en la determinación de la edad de la albacora del Atlántico ha sido la primera espina de la primera aleta dorsal como lo reportaron Bard y Compeán-Jimenez (1980). Gonzáles-Garcés y Fariña-Pérez (1983) observaron en la primera espina de la primera aleta dorsal dos bandas de crecimiento por año, una opaca y

otra hialina, también observaron que estos organismos alcanza 39 cm de longitud furcal en su primer año de vida. Fernández (1991), utilizó la espina de la primera aleta dorsal, concluyendo que es una estructura difícil de interpretar debido a la formación de anillos falsos y a su centro vascular poroso. Las escamas también han sido utilizadas para la determinación de la edad, sin embargo los resultados no han sido satisfactorios (Otsu y Uchida, 1959; Yang, 1970).

Labelle *et al.* (1993) aplicaron tres metodologías para determinar la edad en la albacora del Pacífico sur: utilizaron una estructura ósea (vértebras), datos de frecuencia de talla y datos de captura y recaptura. Encontrando, que al utilizar la ecuación de Von Bertalanffy, los parámetros eran diferentes entre las tres metodologías. Debido a esto, es necesario hacer un estudio comparativo de determinación de la edad entre las diferentes estructuras óseas del pez, para tratar de evaluar el origen y cuantificar las variaciones entre las diferentes técnicas.

El Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS, por sus siglas en Inglés) de los E. U. A., ha estado caracterizando la composición de tallas y edades de la captura del albacora, con datos de la flota de arrastre de currican en superficie, la cual opera en el este-central del Pacífico Norte, del verano al otoño. Se capturan tres modas claramente identificadas (~51-55, ~61-65 y ~74-82 cm de longitud furcal) de albacoras juveniles por esta flota. La presencia de estas modas puede variar interanualmente. Las tres modas estuvieron presentes en la pesquería en 1990 y 1991 (Bartoo *et al.* 1991, 1992), sin embargo en 1992 la albacora mostró una distribución unimodal en la composición de la captura (~60-67 cm, Bartoo y Holts, 1993).

La NMFS ha venido determinando las edades de estas modas, con base en la distribución de los polígonos de frecuencia de tallas. La primera moda caracterizada tiene

una LF promedio de 35 cm con un año de edad. La segunda moda tiene una media de 52 cm de LF con organismos de dos años, no existiendo un traslapo con la primera, ni con la tercera moda. La tercera moda está conformada por organismos con una media de 65 cm de LF y una edad de alrededor de tres años, de la cual no se sabe si existe un traslapo con la cuarta moda, que tiene una media de 76 cm de LF con una edad de cuatro años. La quinta y la sexta moda tienen una LF media de 85 cm y 93 cm respectivamente con una edad aproximada de cinco y seis años.

#### **I.4 Objetivos.**

Debido a las desventajas en la utilización de los otolitos (ver sección 1.3.2), se propuso un objetivo paralelo para evaluar el uso potencial de otras estructuras óseas, para la determinación de la edad de la albacora. Se planteó la siguiente hipótesis: no hay diferencias en la determinación de la edad con base en las estructuras óseas (otolitos, vértebras, radios, espinas, opérculos y preopérculos) de la albacora.

Conforme a los planteamientos anteriores los objetivos particulares del presente estudio son:

1.- Determinar la edad de la albacora *Thunnus alalunga*, por medio de patrones de crecimiento diarios en otolitos, y anuales en vértebras, radios, espinas, opérculos y préopérculos de una parte de la población ( individuos con una LF de 51 a 74 cm) del Pacífico Norte.

2.- Realizar un análisis comparativo de las edades determinadas por las diferentes estructuras óseas.

3.- Proponer una estructura ósea alterna a los otolitos para la determinación de edad en la albacora del Pacífico Norte.

## II MATERIALES Y METODOS.

### II.1 Área de estudio y obtención de la muestra.

La zona de estudio comprende el área de captura de la pesca comercial de los Estados Unidos de America. Los barcos de esta pesquería, tienen un tamaño de alrededor de unos 21m de eslora. Estos barcos operaron desde la parte central del Pacífico hacia la costa oeste de los Estados Unidos, entre los 170° y 120° de longitud oeste y entre los 34° y 51° de latitud norte.

Las albacoras utilizados para el análisis de la edad fueron capturados por observadores del NMFS a bordo de cuatro embarcaciones de pesca comercial estadounidense empezando en junio de 1993 dentro de la Zona de Transición del Pacífico Norte; moviéndose hacia el este durante los meses de julio y agosto; y finalizando cerca de Vancouver y las islas Queen Charlotte, Canada en septiembre (figura 2).

Cada día de pesca, los observadores midieron todas las albacoras y a cada uno de los individuos se le registró su longitud furcal (cm), tomaron la localización geográfica de la captura y la fecha de muestreo. Durante cada viaje, el observador tenía indicado realizar un submuestreo de 100 individuos, aproximadamente, con un tamaño entre 51 y 74 cm de longitud furcal (LF) de la captura total y coleccionar las estructuras calcificadas como otolitos, la segunda vértebra hemal, opérculos, preopérculos, la primera espina de la primera aleta dorsal y los radios de la aleta anal para la determinación de la edad. Sin embargo, debido a diferentes causas en el manejo de las muestras, sólo se obtuvieron las estructuras calcificadas de ~270 individuos.

Todas las estructuras fueron conservadas en etanol al 70% excepto los otolitos los cuales fueron puestos en glicerina y agua al 50%, hasta el momento de su análisis.

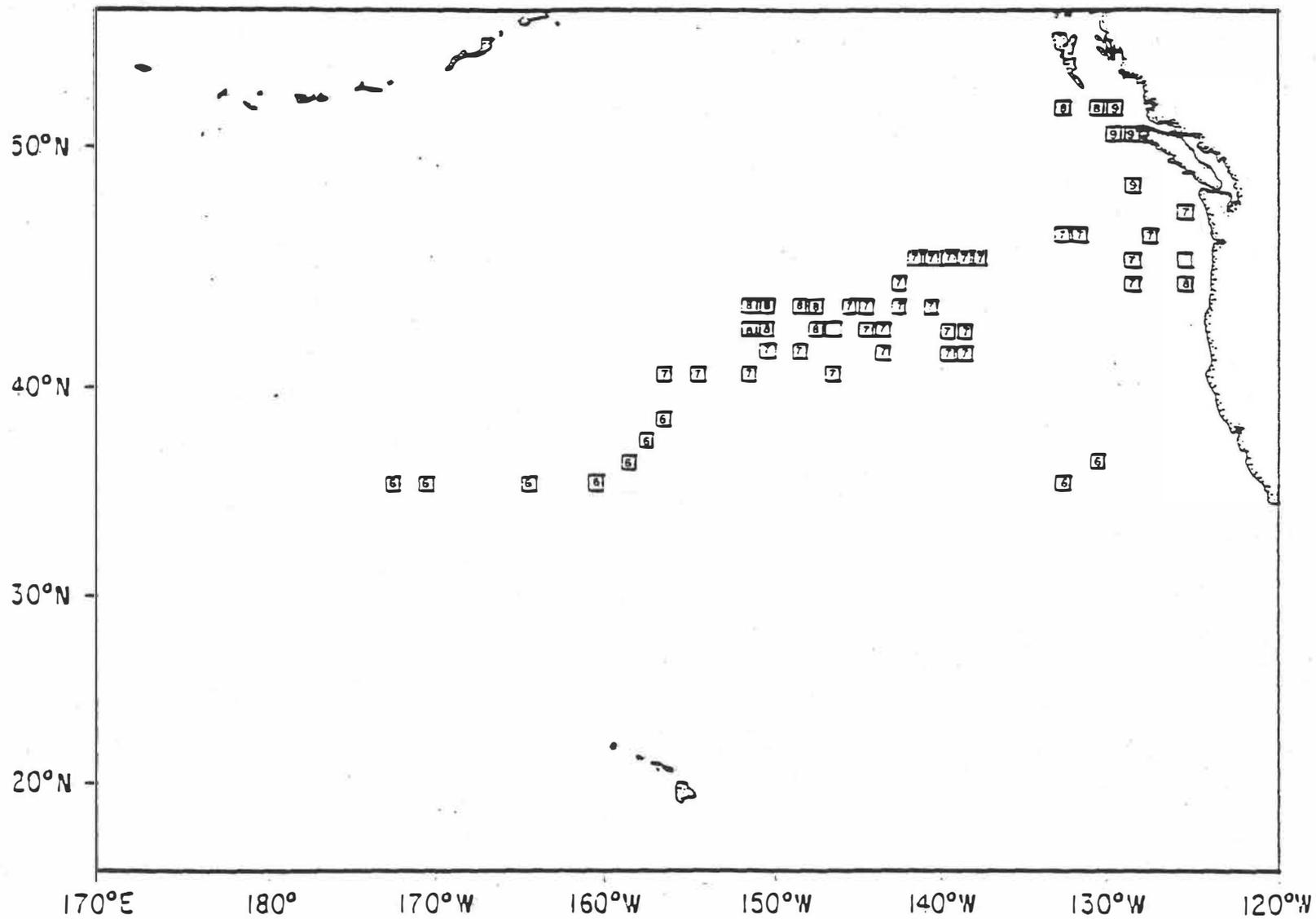


Figura 2. Localización de los sitios de muestreo de las albacoras utilizadas en el análisis de la edad. Los números indican los meses de captura.

## II.2 Preparación de los otolitos.

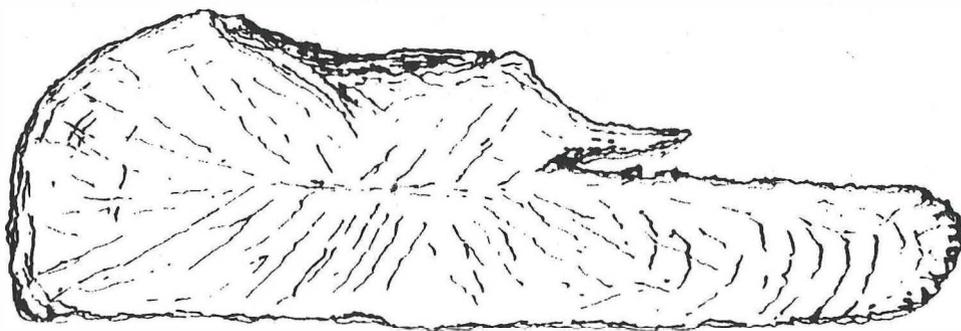
Para la determinación de la edad con base en los otolitos, se usaron las *sagittas*, otolitos de mayor tamaño. Los otolitos se obtuvieron seccionando el cráneo para llegar a las cámaras óticas, cuando el sáculo estuvo expuesto se extrajeron los otolitos con unas pinzas y se colocaron en frascos con 50 % de agua y 50 % de glicerina, debidamente etiquetados, para su posterior análisis.

Una vez en el laboratorio, se midieron los otolitos en su eje transversal, hacia el postrostrum, con una precisión de 0.01 mm (figura 3a) utilizando un microscopio estereoscópico de disección, equipado con un micrómetro en el ocular. Después fueron secados en una estufa a 60 °C por 24 horas y posteriormente se pesaron en una balanza analítica con una precisión de 0.001 mg. Debido a las rupturas de algunos otolitos se utilizaron únicamente las *sagittas* completas para la obtención del peso.

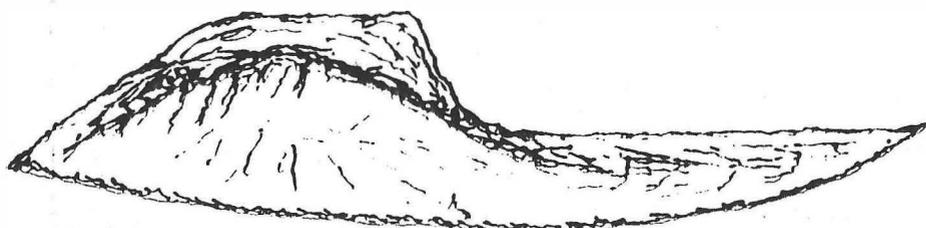
La técnica utilizada para las lecturas fue la siguiente: los otolitos fueron sumergidos en cloro comercial al 10% durante 2-3 minutos para su limpieza. Posteriormente los otolitos fueron sometidos a un proceso de grabado; sumergiéndose todo el otolito en 0.3-0.5N HCl durante un breve intervalo ( 5-10 seg) y se enjuagó inmediatamente con agua destilada, después en cloro y finalmente agua destilada. El proceso se repitió cuantas veces fue necesario hasta que se facilitara la observación de los anillos de crecimiento, inspeccionando constantemente la superficie en el microscopio a 125-200X.

Durante el grabado con el ácido y la exposición al blanqueador, la zona discontinua fue reemplazado por una estría poco profunda, resaltando claramente la zona continua ( Mugiya *et al.*, 1981; Watabe *et al.*, 1982; ). En este estudio sólo se contaron las zonas continuas, las que de ahora en adelante serán sinónimas de la palabra incrementos. Para el

a)



b)



O. S. N.

Figura 3.- Diagrama de la sagitta de la albacora del Pacífico Norte *Thunnus alalunga*. a) sagitta completa y b) sección a través del núcleo de la sagitta.

conteo de los incrementos diarios los otolitos fueron montados sobre plastilina en un porta objeto excavado y observados através de un microscopio compuesto con luz transmitida, a 400 o 1000X ( Laurs *et al.*, 1985). Los conteos de los incrementos diarios en los otolitos se hicieron a lo largo de su eje transversal hacia el postrostrum.

La edad absoluta se obtuvo adicionando un 5% más al número de incrementos diarios registrados, según lo propuesto por Laurs *et al.* en 1985.

La apariencia y configuración de los incrementos en los otolitos no fue idéntica en los diferentes peces, por lo tanto se formularon algunos criterios de lectura con la finalidad de interpretar mejor los incrementos diarios y detectar los subdiarios (Taubert y Coble 1977; Brothers, 1978, Wootton, 1990) además de los falsos. Si al comparar los rebordes adyacentes fuertemente definidos un incremento tenía bordes difusos, de poca altura o se fusionaba con otro incremento, se consideraba subdiario y se rechazaba. Las zonas continuas se caracteriza por formar una banda ancha, en lugar de una banda delgada, através de todo el plano visible. Si la banda ancha no tenía bordes bien definido, se juzgaban como incrementos falsos y también fueron rechazados.

La experiencia indicó que la velocidad del conteo y la constancia de la interpretación mejoraba si se dividía cada otolito en secciones de unos 200-250 incrementos. Se usaron incrementos fácilmente reconocibles en el otolito como límites de sección. Cada sección se contó de dos o tres veces según el grado de dificultad.

Se calculó un tamaño mínimo de submuestra con base en los resultados de las lecturas de otolitos, con la siguiente fórmula:  $n=S^2/(\text{Error } X)^2$  y un Error máximo (Em) de 6%. Este tamaño mínimo de submuestra (n=30) se leyó por cuadruplicado y los promedios se utilizaron para probar la precisión (repetibilidad) de la estimación de la edad en los otolitos y calcular el coeficiente de variación (CV). Para el análisis de las otras estructuras

óseas, se leyeron 30 muestras escogidas aleatoriamente y se determinó si la estructura presentaba un patrón claro para la lectura de la edad. En los casos favorables se procedió a preparar y analizar a la muestra en total ( $n=270$ ). Todas las lecturas de edad en las diferentes estructuras se realizaron en un experimento a ciegas, manteniéndose en secreto la longitud del pez, lugar y fecha de captura, con el fin de no influir en las lecturas.

### II.3 Preparación de las vértebras.

Las técnicas utilizadas para la preparación de las vértebras fueron las propuesta por Berry (1978) y Sosa-Nishizaki *et al.* (1989). En la primera técnica cada vértebra fue seccionada a lo largo del plano longitudinal, utilizando una cortadora manual (figura 4) Posteriormente, se removió el centro gelatinoso de la vértebra y las secciones fueron teñidas sumergiéndolas en una solución de alizarin rojo-S de 5 a 20 minutos. Después, las muestras se lavaron con agua corriente y se dejaron secar a temperatura ambiente (Berry, 1978).

La segunda técnica consiste en poner las vértebras en una solución KOH al 5% durante un día. La grasa remanente fue extraída poniendo las vértebras en benceno por dos días. Por último, las vértebras fueron limpiadas con una brocha y agua caliente con jabón, dejándose secar a temperatura ambiente. Posteriormente se hizo un corte longitudinal (Sosa-Nishizaki *et al.*, 1989).

Con la finalidad de saber cual de las dos metodologías era la que más facilitaba la lectura de las vértebras se utilizó el tamaño mínimo de submuestra ( $n=30$ ) aplicándole las dos técnicas. Por los resultados se decidió utilizar para la muestra total la segunda de las técnicas.

Para realizar los conteos se utilizó un microscopio estereoscópico con luz dirigida. En cada sección se observaron bandas gruesas opacas uniformemente espaciadas separadas

por una banda delgada hialina. Cada par de bandas fue considerado como un anillo de crecimiento anual.

#### **II.4 Preparación de los radios de la aleta anal.**

La aleta anal fue removida de los organismos y conservada en etanol al 70%. En el laboratorio se lavó con agua caliente y jabón para quitar toda la grasa y remanentes de sangre, después se enjuagó con agua corriente y se dejó secar a temperatura ambiente. Una vez secas las aletas se hicieron una serie de cortes de 0.5 a 1 mm de espesor al 10 % de la longitud total de la aleta utilizando una cortadora de baja velocidad con disco de diamante. En algunos casos fue necesaria la utilización de resina epóxica sólo como soporte, técnica descrita por Sosa-Nishizaki *et al.* (1989).

Para los conteos de los anillos se utilizó un microscopio estereoscópico con luz transmitida, observándose alternadamente una banda gruesa opaca y una delgada hialina. El área central del radio no presenta tejido vascular poroso como la espina dorsal, haciendo más fácil y preciso el conteo de las bandas (figura 5).

#### **II.5 Preparación de la espina de la primera aleta dorsal.**

De los individuos capturados se separó la primera espina de la primera aleta dorsal, las cuales se preservaron en etanol al 70%. Un vez en el laboratorio se lavaron con agua caliente y jabón, eliminando todo el tejido graso con la ayuda de un cuchillo y cepillo de plástico, secando a temperatura ambiente. Posteriormente se midió la longitud total, partiendo de la base del cóndrilo (figura 6), marcando a un 10% de su longitud total. En esta área marcada se

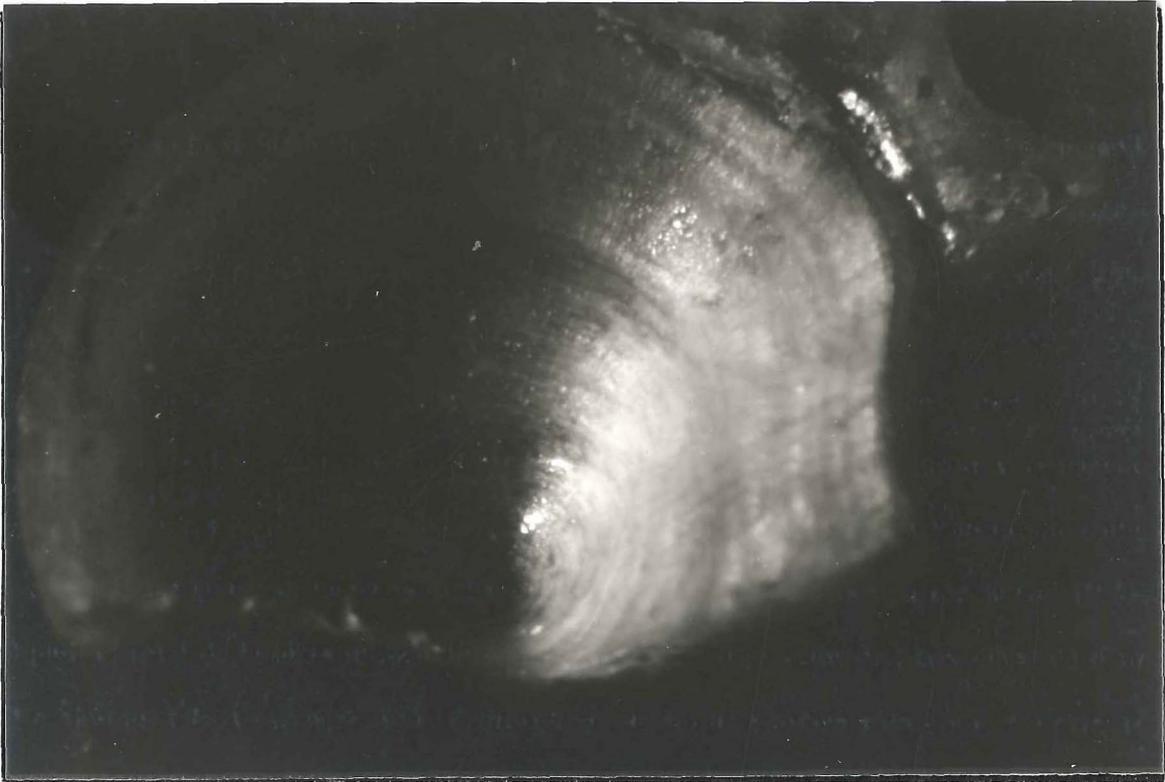


Figura 4.- Corte transversal de la segunda vértebra hemal de la albacora.

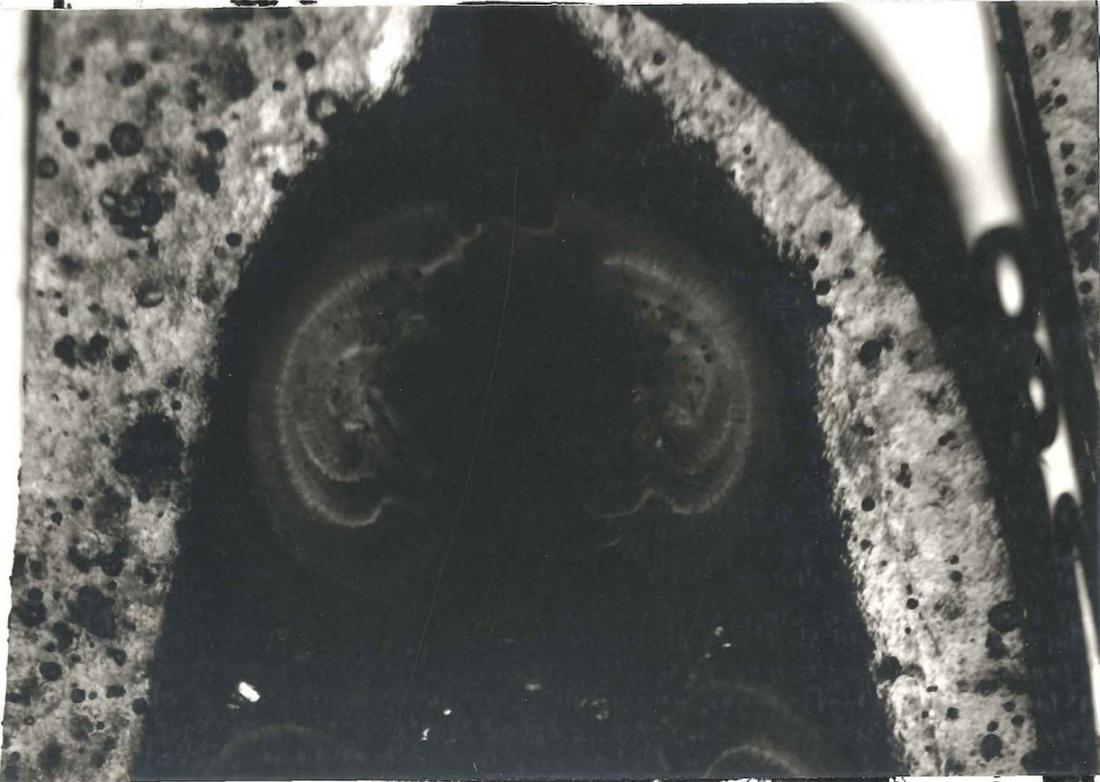


Figura 5.- Radios de la aleta anal, donde se realizó el corte y sección lista para leerse.

hicieron dos cortes entre 0.5 y 1 mm de espesor, utilizando una cortadora de baja velocidad con navaja de disco de diamante.

Para los conteos de los anillos se utilizó un microscopio estereoscópico con luz transmitida, observándose alternadamente una banda gruesa opaca y una delgada hialina; el área central de la espina se caracteriza por tener un tejido vascular poroso, el cual dificulta las lecturas de las primeras bandas de crecimiento.

## **II.6 Preparación de opérculos y preopérculos.**

Los opérculos y preopérculos se colocaron en alcohol etílico al 70 %, posteriormente se limpiaron de los restos de carne con agua caliente y secados al aire a temperatura ambiente. Se observaron con luz dirigida utilizando una lupa manual y con luz transmitida en un proyector de acetatos (figura 7).

## **II.7 Criterios de comparación entre estructuras.**

Para comparar la edad obtenida entre otolitos y las otras estructuras óseas (vértebras, radios de la aleta anal y espinas), se convirtió las edades de lecturas diarias en fracciones de años, llamándolas edad media del intervalo. Estas edades se modificaron de la siguiente manera: por ejemplo a las edades entre los intervalos 1-1.5 y 1.51-1.99 se le asignó la edad de 1.25 y 1.75 respectivamente, y así sucesivamente para las edades siguientes.

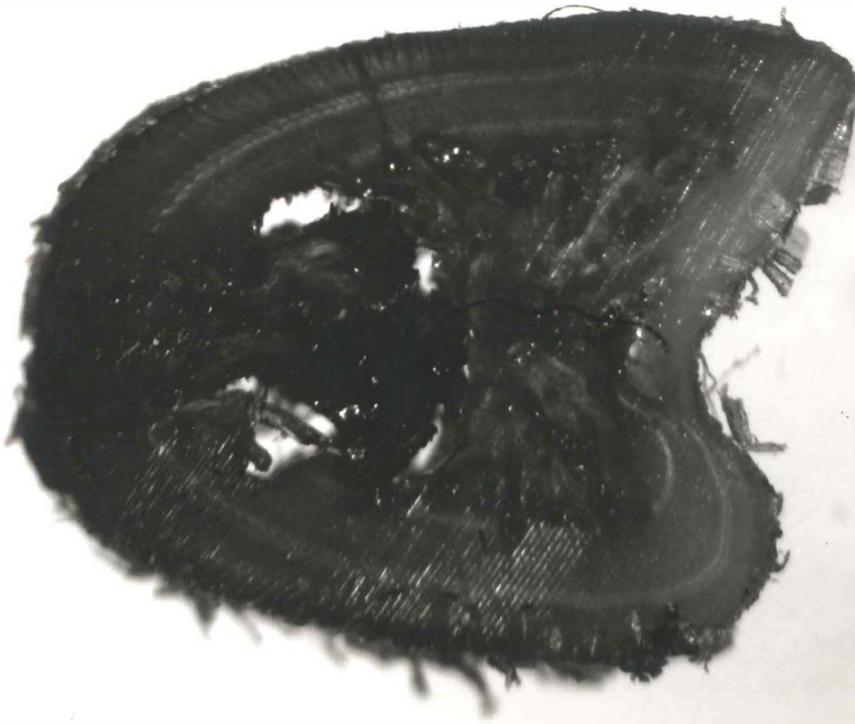


Figura 6.- Zona de corte de la primera espina de la aleta dorsal y sección lista para leerse.



Figura 7.- Diagrama del opérculo y preopérculo de la albacora del Pacífico Norte.

En el caso de las otras estructuras óseas se le asigno un año por cada par de bandas completas observadas ( una opaca y otra hialina), y una fracción de 0.25 ó 0.75 según el tipo de borde, opaco o hialino respectivamente. Esta conversión corresponde a la media aritmética del primero y segundo semestre, considerando a un año como la unidad.

## **II.8 Estandarización de los criterios de lecturas y asignación de la edad.**

El tamaño mínimo de muestra antes mencionado, también se utilizó para estandarizar los criterios para las lecturas entre los lectores y de esa forma facilitar la interpretación de las bandas de crecimiento, es decir que antes de iniciar las lecturas cada uno tuviera claro lo que era un anillo o banda de crecimiento opaca o hialina, mencionándose específicamente el tipo de borde que presentaba cada estructura. Se considero cada par de bandas completas observadas como una banda de crecimiento anual, más el tipo de borde que cada estructura presentó. Cada estructura ósea fue leída tres veces (no consecutivas) por dos lectores separadamente.

Las lecturas fueron hechas al azar, sin conocimiento de los datos de captura o longitud furcal del pez. Las estructuras fueron evaluadas en términos de precisión y exactitud. La precisión se midió mediante la utilización del CV y el índice de precisión entre lecturas y entre lectores, para cada estructura. La exactitud fue medida con la utilización del promedio porcentual de concordancia, tomando como referencia la edad absoluta, generada por la lectura de incrementos diarios en otolitos.

## II.9 Análisis estadísticos de los datos.

Para explicar la relación longitud y peso del otolito con respecto a la longitud furcal del pez se utilizó un modelo de regresión exponencial. Modelos de regresión lineal fueron utilizados para explicar la relación entre los parámetros antes mencionados con respecto a la edad absoluta y para hacer comparaciones entre las cuatro estructuras (otolitos, espinas, vértebras y radios) con respecto a la longitud furcal. Se analizaron los residuales para corroborar la utilización adecuada del modelo de regresión lineal.

Se aplicó una prueba de t de Student para muestras pareadas, con la finalidad de establecer o no diferencias entre las técnicas empleadas para las lecturas de las vértebras.

Se calculó el coeficiente de variación y el índice de precisión de Chang (1982) para medir de manera estadística la reproductividad de las edades tanto entre lecturas como entre lectores y el porcentaje de coincidencia, el cual consiste en contar los estructuras que presentaron la misma edad y dividirlos entre el total de estructuras a las cuales se les determinó la edad multiplicado por cien.

Se utilizó la prueba no-paramétrica de comparaciones múltiples Kruskal-Wallis para detectar si existía o no diferencias entre las lecturas hechas a cada estructura y se graficaron los resultados en forma de diagramas de cajas. El rechazo de la hipótesis nula en la prueba estadística se basó en  $\alpha=0.05$  (Zar, 1984). Todos los análisis fueron realizados mediante la utilización de dos paquetes estadísticos: Statistica, Ver. 4.2. y Sigma Stat, Ver 5.0.

### **III RESULTADOS.**

#### **III.1 Descripción de los datos de frecuencia de talla.**

Un total de 10,706 albacoras fueron capturados y medidos por los observadores. La pesquería se basó en individuos con un intervalo de tallas entre 46-92 cm, abarcando principalmente dos tallas modales distintas, una de 65 y otra de 74 cm (figura 8a). El intervalo de las frecuencias de tallas de las albacoras utilizadas para la determinación de la edad fue de 51-74 cm, con una talla media de 63.3 cm ( $n=278$ ,  $DE=3.25$ ). Esta moda fue la más numerosa en la pesquería de 1993 (figura 8b). La segunda talla modal no está representada en este análisis de la edad.

Con la finalidad de comparar los resultados aquí obtenidos con unos de los pocos trabajos de edad y crecimiento para la albacora en el Pacífico Norte y debido a que existen ciertas dudas de la posible existencia de dos grupos de albacoras susceptibles a la pesca en el Pacífico Norte, las albacoras fueron separadas en las existencias "Norte" (figura 8c) y "Sur" (figura 8d) basándose en el criterio de la separación espacial propuesta por Laurs y Wetherall (1981) y Wetherall *et al.* (1987), promotores principales de esta idea. La tallas medias capturadas fueron de 63.5 cm ( $DE=3.3$ ) para la existencia del "Norte" y de 63 (  $DE=2.9$ ) para la del "Sur".

#### **III.2 Análisis de los incrementos diarios en otolitos.**

De un total de 278 albacoras juveniles sólo un 2.9% fueron ilegibles, pudiéndose analizar los incrementos diarios de 270 otolitos. La edad absoluta promedio obtenida de los otolitos leídos fue de 1,100 días ( $n=270$ ,  $DE=152$ ); con un promedio en años de 3.01, ( $DE=$

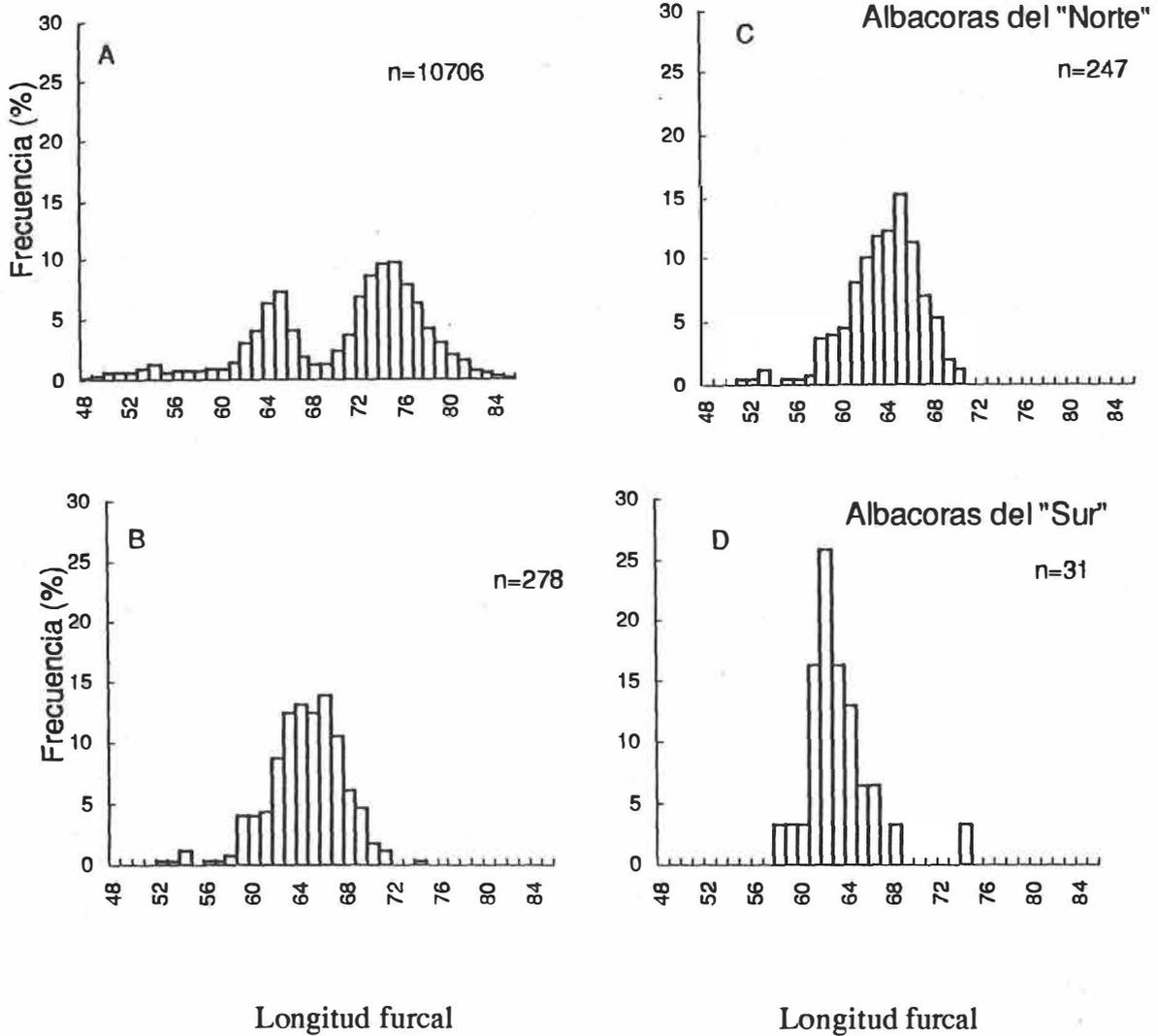


Figura 8.- Distribución de frecuencia de tallas de todas las albacoras (*Thunnus alalunga*), medidas en la temporada comercial de 1993 (A); submuestra para este análisis de edad (B); individuos medios de la submuestra pertenecientes a la existencia del "Norte" (C) y a la existencia del "Sur" (D).

0.41), con una edad mínima de 706 y una máxima de 1,440 días. Con el objeto de estimar el coeficiente de variación en las lecturas diarias se utilizó la submuestra aleatoria generada con anterioridad (ver materiales y métodos,  $n=30$ ), leyéndose por cuadruplicado y obteniendo un CV promedio de 2.1%.

El histograma de frecuencias de edades con base en los conteos de anillos de incrementos diarios de los otolitos, muestra una distribución bimodal observándose un primer grupo de edad, contándose entre 706-930 días (1.93 - 2.6 años), la cual representa un 16.0% del total ( $n=43$ ). El segunda grupo de edad está compuesto por individuos con edades entre 975-1,334 días (2.7 y 3.7 años), en la cual ocurrieron la mayoría de los individuos (83.3%  $n=227$ ). Además se encontró un individuo con edad de 1,440 días ( ~3.9 años), con una talla de 74 cm de LF (figura 9).

La muestra total se dividió en tres grupos con base en la longitud furcal de cada grupo de edad reportado para la zona de estudio ( 51-60 cm, dos años; 61-69 cm tres años y 70-68 cm cuatro años). En la figura 10 se observa un corrimiento modal ascendente en el tiempo y con respecto a la longitud furcal.

Se utilizaron sólo los otolitos completos para la estimación del peso, obteniéndose un promedio de 19.43 mg con un intervalo de 12.4 a 25.15 mg ( $n=215$ ,  $DE=0.0025$ ). El promedio de la longitud de los otolitos medidos fue de 4.16 mm, con valores entre 3.4 y 4.7 mm ( $n=270$   $DE=0.26$ ). La figura 11 muestra la relación entre el tamaño de los otolitos (longitud y peso) con respecto a la longitud furcal y a la edad absoluta estimada en días de la albacora. Diferentes modelos de regresión fueron ajustados a estas relaciones con la finalidad de establecer sus tendencias. El peso y la longitud del otolito aumentaron de forma lineal con respecto al número de incrementos diarios estimados y el peso de manera exponencial con respecto a la longitud furcal del pez. Se obtuvieron valores significativos ( $p<0.05$ ) para las

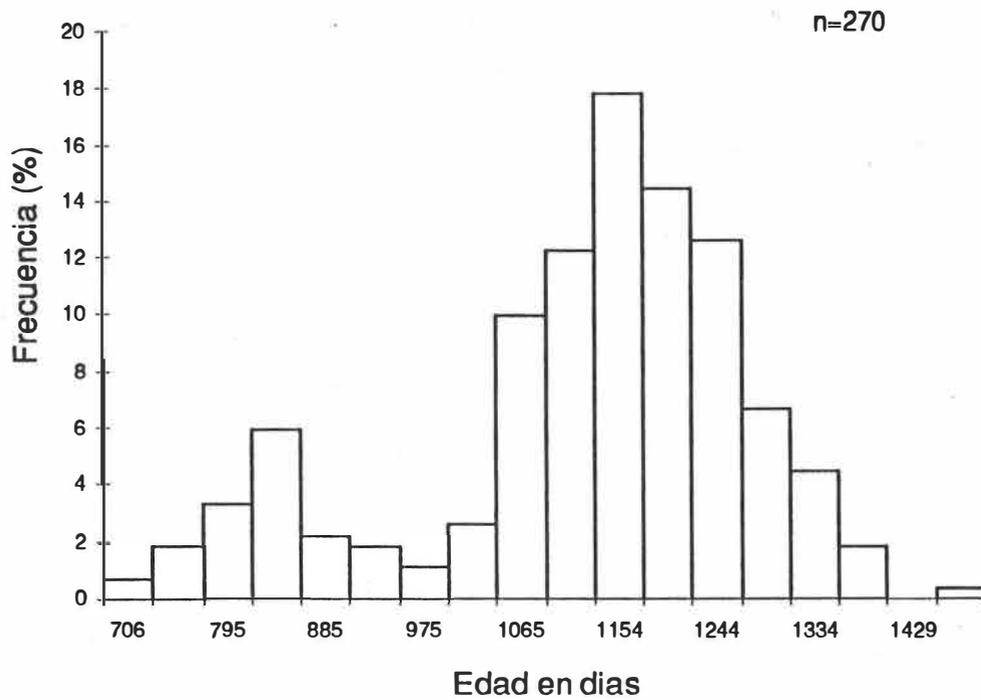


Figura 9.- Distribución de frecuencia de edad absoluta con base en el conteo de anillos de incrementos diarios en los otolitos.

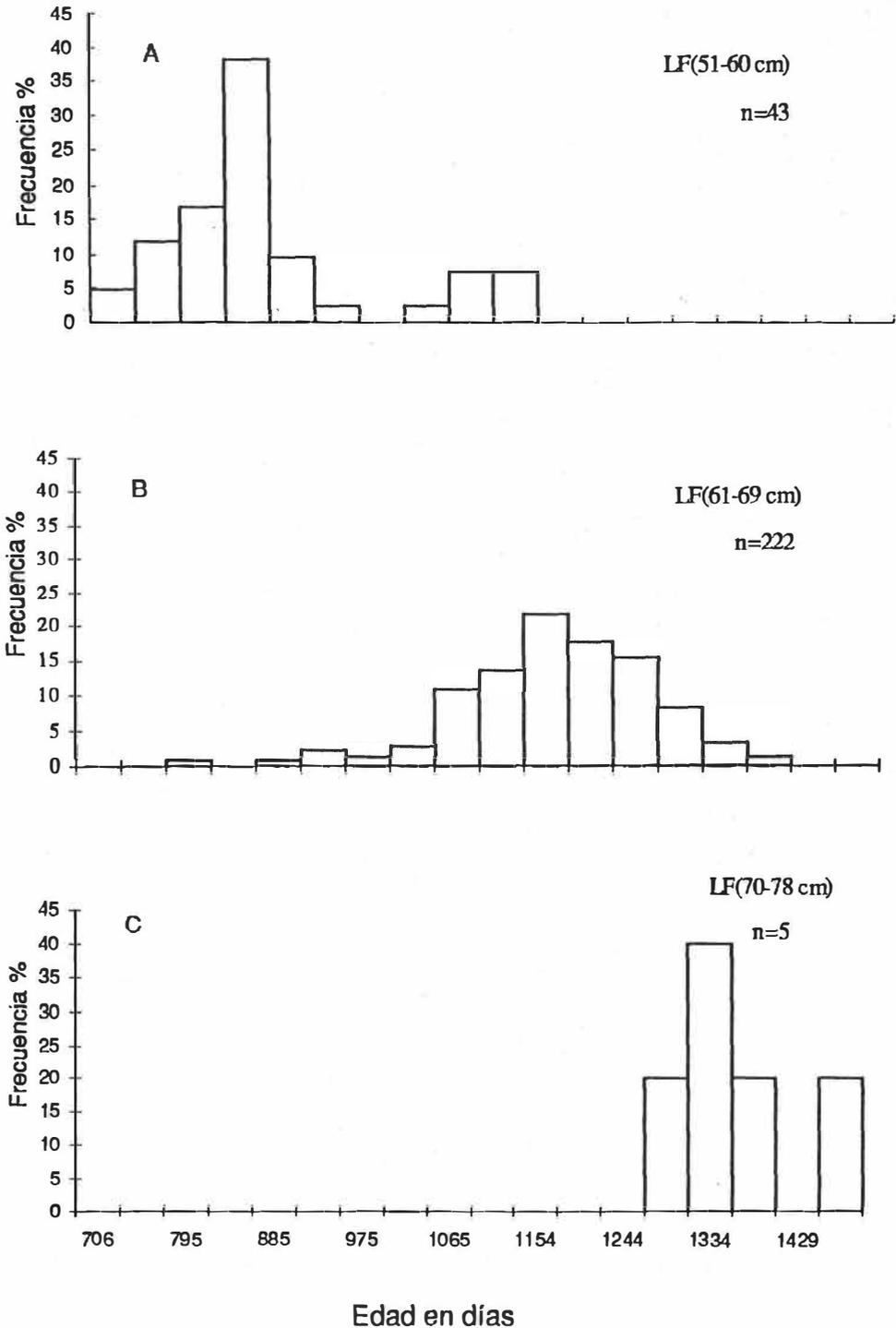


Figura 10.- Distribución de frecuencia de edad, divididos en modas de clase anual con base en su longitud furcal, A) 2 años, (LF 51-60 cm); B) 3 años, (LF 61-69 cm) y C) 4 años (LF 70-78 cm).

regresiones aplicadas; peso del otolito contra longitud furcal ( $R^2 = 0.75$ ; figura 11a) y longitud del otolito contra longitud furcal ( $R^2 = 0.75$ ; figura 11b). peso del otolito contra edad absoluta ( $R^2 = 0.84$ ; figura 11c), longitud del otolito contra edad absoluta ( $R^2$  de 0.85; figura 11d).

El crecimiento en talla de la albacora y la edad absoluta (diaria) estimada muestra una tendencia de tipo estacional (figura 12a) El aumento de la talla con relación a la edad absoluta muestra un patrón de alternancia; es rápida en los primeros 850 días, lenta entre los 900 a 1,050 días, nuevamente rápida a los 1,050-1,250 y lenta después de estos días. No se observaron tendencias diferentes entre el aumento de talla con relación a la edad absoluta de los denominados "existencia del Norte" y "existencia del Sur" (figura 12b). Además que los valores de DE para dichas existencias fueron de 3.31 y 2.9 respectivamente, mostrando que los dos grupos no son diferentes en talla.

### III.3 Época de nacimiento.

Se construyó un histograma con las fechas de nacimiento, las cuales se retrocalcularon mediante la resta de la edad absoluta del pez en días con respecto a la fecha de captura, graficando la frecuencia porcentual en períodos mensuales (figura 13a). Esta gráfica muestra dos picos, uno en el período de invierno (noviembre-febrero) representando un 14% ( $n=38$ ) y un segundo, el más numeroso, con un 86% ( $n=232$ ) durante la primavera-verano ( marzo-octubre). Al analizar por existencias las fechas de nacimiento, en el existencia del "Norte" el 96% nacieron en el período de primavera-verano y sólo un 4% en el de invierno (figura 13b). Para el caso del existencia del "Sur", el 75% nacieron en el período de invierno (figura 13c).

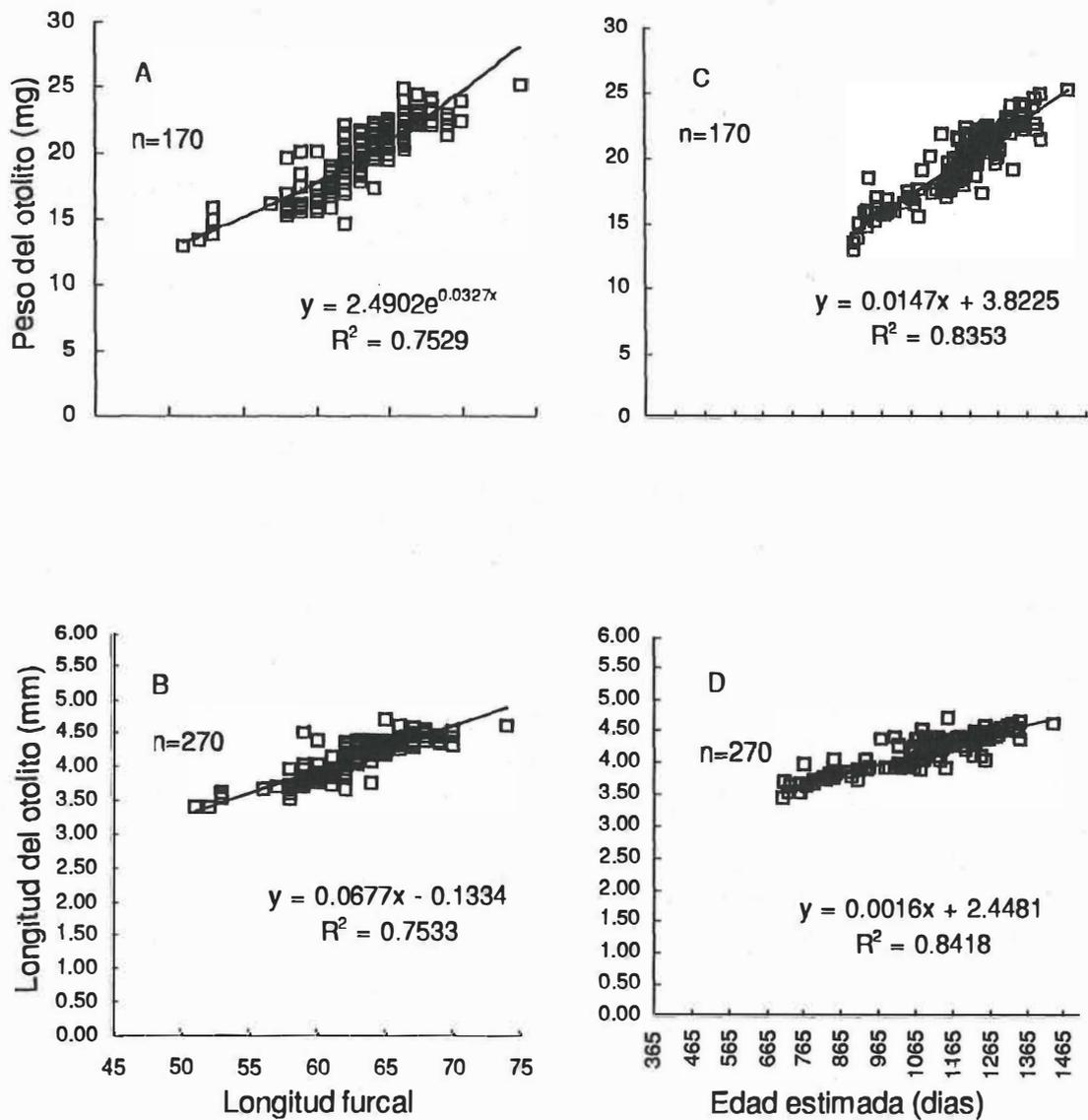


Figura 11.- Relación del peso del otolito con la longitud furcal (A) y con la edad absoluta (B). Relación de la longitud del otolito con la longitud furcal (C) y con la edad absoluta (D).

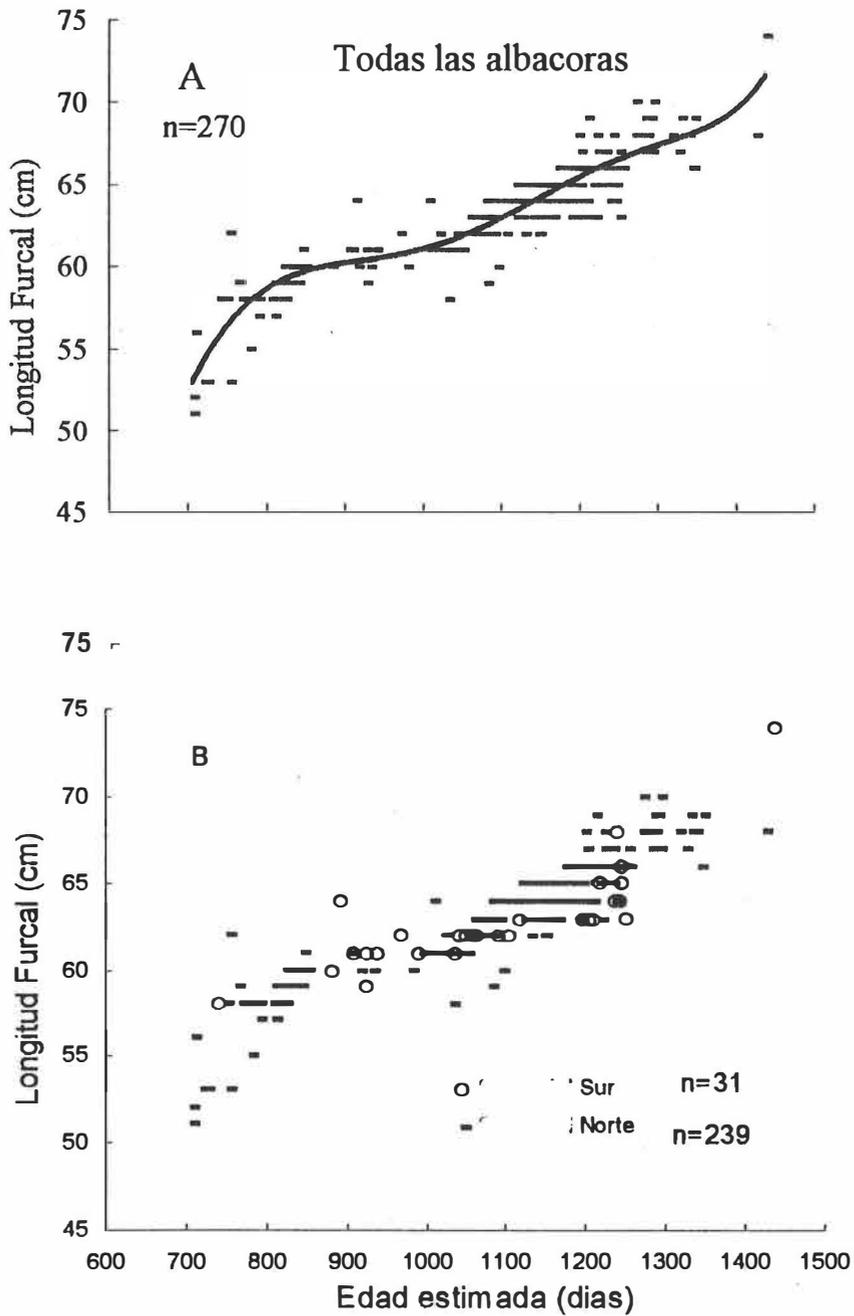


Figura 12.- Relación entre longitud furcal y la edad absoluta estimada en días (A) para todas las albacoras utilizadas en la determinación de la edad y para los "existencias del Norte y Sur" (B) de la albacora del Pacífico Norte.

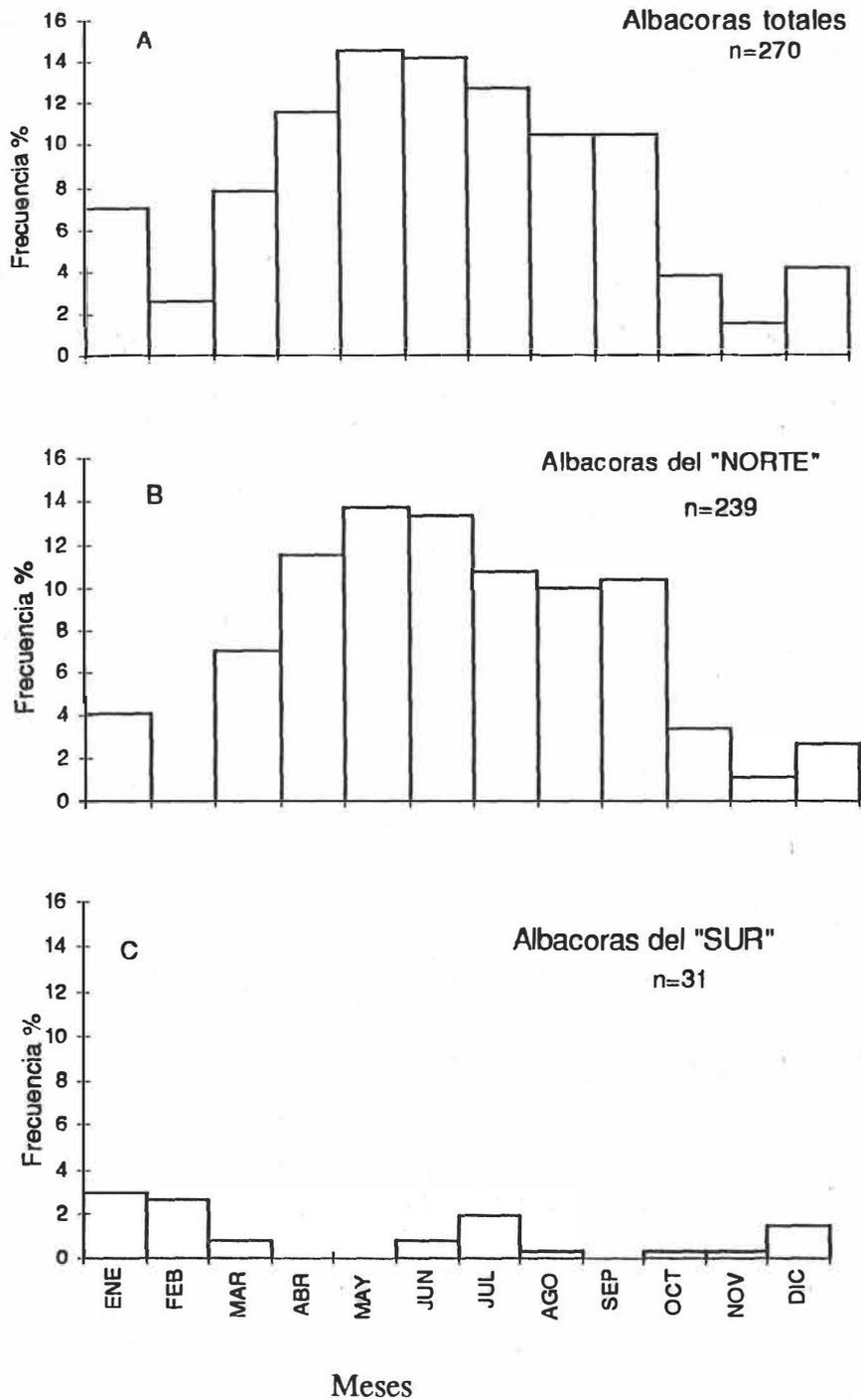


Figura 13. Distribución de la fecha de nacimiento de la albacora, *Thunnus alalunga* estimada en meses, con base en el retrocálculo de la edad absoluta. A) Toda la muestra, B) Albacoras del existencia del "Norte" y C) Albacoras del existencia del "Sur".

### III.4 Análisis de las edades obtenidas con base en otras estructuras óseas.

Los opérculos no mostraron patrones claros de crecimiento o alguna marca que se pudiese relacionar con la edad. Los preopérculos mostraron anillos muy débiles y poco constantes en los márgenes de las orillas. Esta estructura fue desechada para análisis posteriores.

Con las edades medias del intervalo obtenidas a partir de otolitos se construyó un histograma de frecuencia de edad donde un 52% de las albacoras están en el intervalo de 3.25 años ( $n=141$ ), y un 26% en el intervalo de 2.25 años ( $n=69$ ; figura 14a). Las lecturas hechas en vértebras, radios y espinas tuvieron una edad promedio de 2.94, 2.98 y 1.90 años respectivamente (figura 14 b, c y d ). El intervalo de 3.25 años fue el más frecuente en el caso de las vértebras con un 51% ( $n=134$ ) y para radios con un 53% ( $n=142$ ). El segundo intervalo en frecuencia fue el de 2.25 años donde tuvieron un 30% ( $n=79$ ), y 23% ( $n=60$ ) para vértebras y radiosfrecuentes. En el caso de espinas las edades más representativas fueron 2.25 con un 32% ( $n=86$ ) y 1.25 con un 30% ( $n=55$ ). En los histogramas de la frecuencia de edad para cada una de las estructura, antes mencionados, se puede observar una distribución similar entre otolitos y vértebras.

Se aplicó una prueba t parida a las lecturas obtenidas en vértebras utilizando las dos técnicas antes descritas ( ver. metodología), no revelando diferencia estadística para todo los pares observados ( $p<0.05$ ,  $t_{cal}=0.74$ ,  $n=30$ ) entre el método propuesto por Berry (1978) y el utilizado por Sosa-Nishizaki, *et al.* (1989).

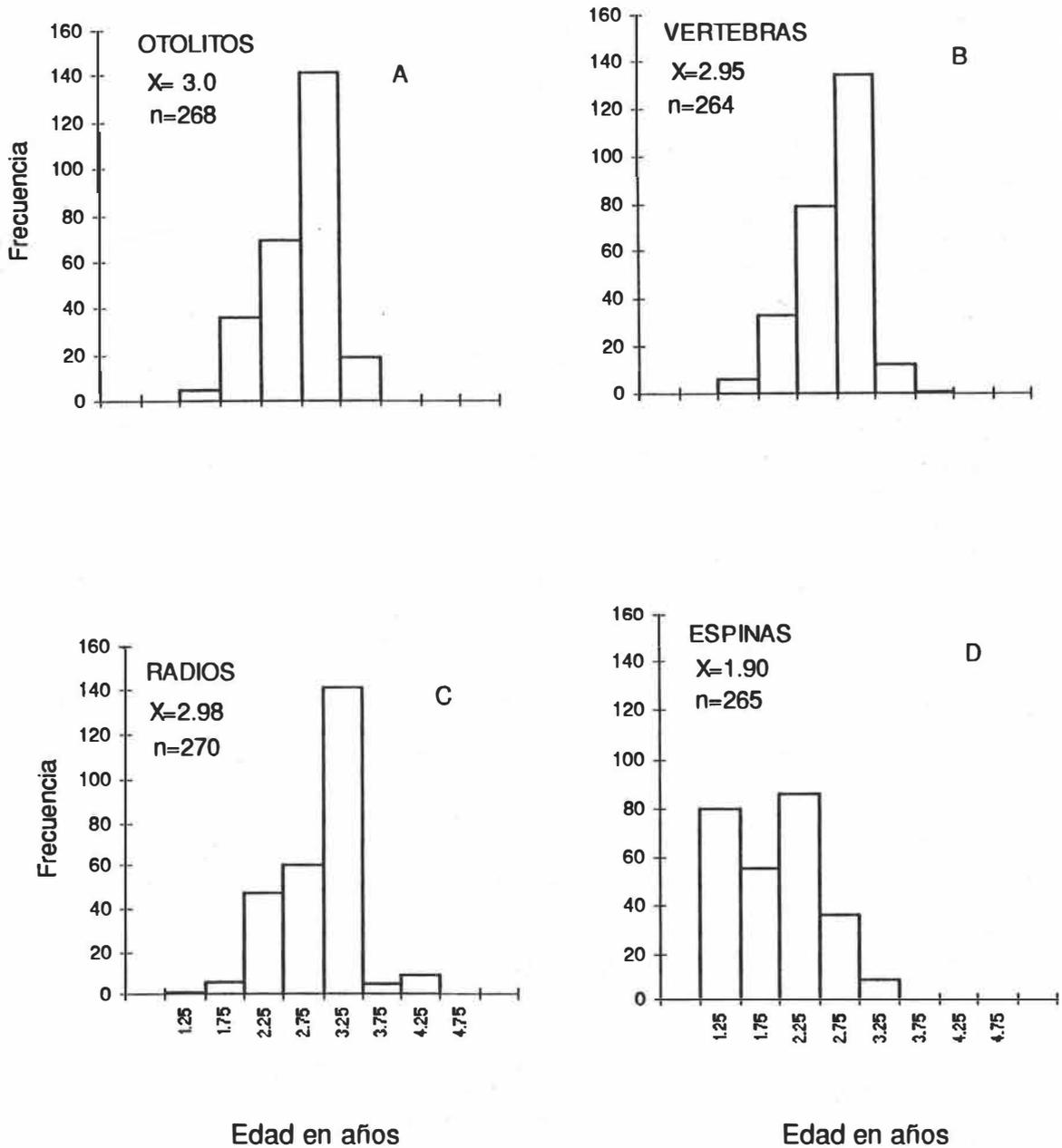


Figura 14.- Frecuencias de edades estimada a partir de: A) otolitos, B) segunda vértebra hemal, C) radios de la aleta anal y D) espinas de la primera aleta dorsal, para la albacora del Pacífico Norte.

### III.5 Comparaciones entre todas las estructuras óseas.

Se aplicó la prueba no-paramétrica Kruskal-Wallis para ver diferencias entre las edades estimadas con las cuatro estructuras, tomando las lecturas hechas en otolitos como control, concluyendo que por lo menos una de las estructuras es significativamente diferente ( con un  $\alpha=0.05$   $H= 0.0414$ , gl 3  $p<0.001$ ). Con la finalidad de saber cual o cuales de las estructuras difieren, se hizo una comparación múltiple contra un control (otolitos) utilizando el método Dunn's (Zar, 1984) y se concluyó que si existen diferencias estadísticamente significativas, entre otolitos y espinas (  $Q=17.19$ ,  $p<0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los otolitos y las vértebras y los otolitos y los radios ( $Q=1.28$ ,  $p>0.05$ ). Con el fin de mostrar de una manera gráfica lo antes mencionado, se construyó un diagrama de cajas donde se puede apreciar claramente la relación entre los otolitos y las otras tres estructuras óseas (Fig 15). La diferencia entre la edad obtenida usando otolitos (control) y la edad obtenida usando espinas fue de alrededor de un año. Para el caso de vértebras y radios no existen diferencias entre las medias de la edades obtenidas, pero si en la distribución de el histograma para radios además de presentar un error estándar mayor para esta estructura que para vértebras.

Los histogramas de la figura 16 muestran la distribución de edades con respecto a la longitud furcal y el traslapo que se da entre las diferentes intervalos de edad. Se puede observar como la estructura de edad por tallas obtenida con vértebras es muy similar a la obtenida con otolitos, difiriendo muy poco a la obtenida con radios y siendo suficientemente diferente a la obtenida con espinas.

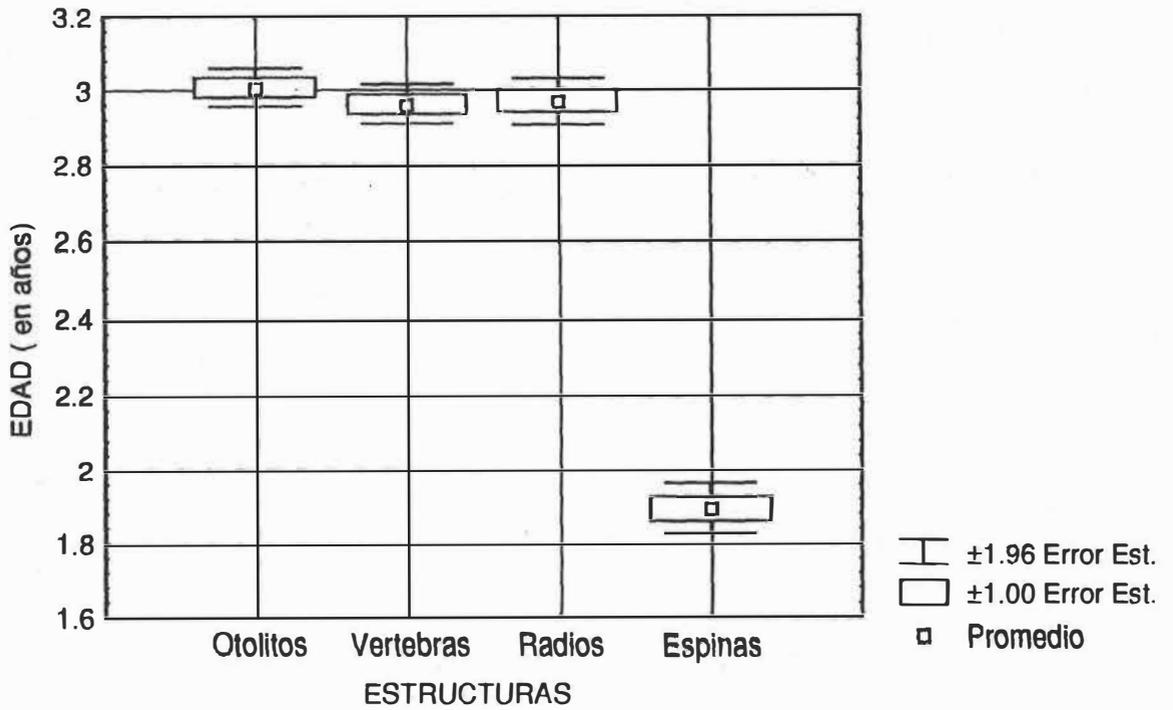


Figura 15.- Diagrama de caja entre las edades asignadas con base en otolitos, vértebras, radios y espinas, para la albacora del Pacífico Norte.

### III.6 Análisis de la concordancia entre lectores y entre lecturas.

El coeficiente de variación entre lectores y entre estructuras se presenta en la tabla I. Los valores del coeficiente de variación, del lector dos fueron mayores en todos los casos.

Tabla I.- Coeficientes de variación entre lectores, para las tres estructuras ósea de la albacora (*Thunnus alalunga*).

	LECTOR 1		LECTOR 2	
	CV	D	CV	D
Otolitos	2.1		4.6	
Vértebras	2.8	1.8	7.5	4.3
Radios	1.8	.09	5.6	4.5
Espinas	2.0	1.3	7.4	5.6

Donde el CV es el coeficiente de variación (Chang, 1982) y D es el índice de precisión.

El porcentaje de coincidencia entre lecturas y entre lectores fue consistente para las estructuras. Vértebras fueron consistentemente más difíciles de leer que radios y espinas. La coincidencia entre las edades obtenidas con base en los conteos de los anillos de crecimiento en las estructuras y la obtenida en otolitos fue mayor para vértebras (81.9%) que para las otras dos estructuras (Tabla II). Sin embargo las vértebras no mostraron el porcentaje mayor de coincidencia entre lecturas (69-80%), pero si entre lectores (71%). Los radios fueron los de mayor coincidencia entre lecturas (77-94%) y los más bajos entre lectores (65%).

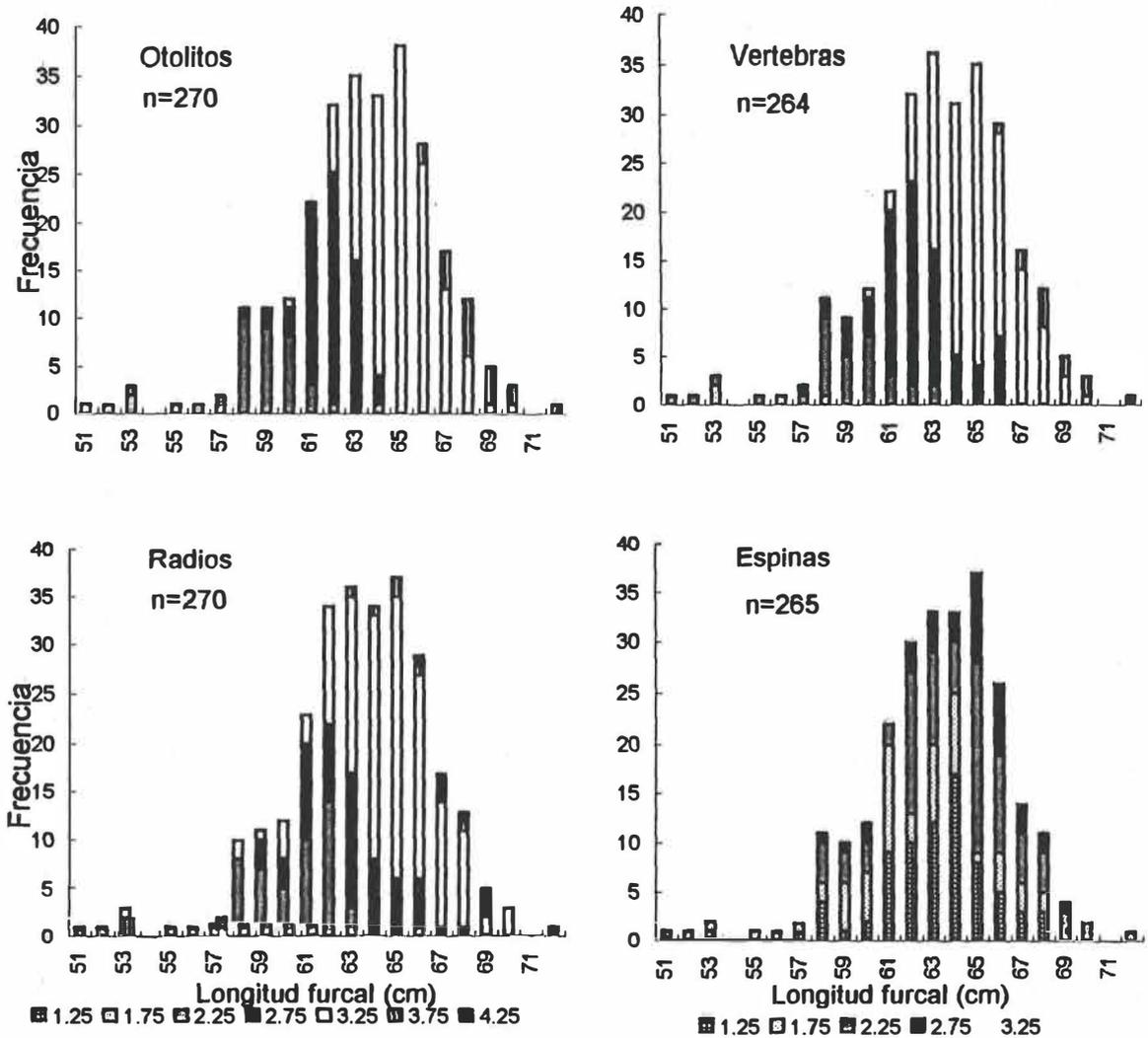


Figura 16.- Distribución y traslapo de edades obtenidas con base en otolitos, vértebras, radios y espinas, con respecto a la longitud furcal de la albacora del Pacífico Norte.

El porcentaje de coincidencia con diferencia de  $\pm 0.5$  de año para vértebras fue de 99%, donde sólo 47 individuos no coincidieron y únicamente dos difirieron por más de un año ( figura 17 y Tabla III).

Tabla II.- Promedio porcentual de coincidencia entre las diferentes estructuras calcificadas, con base en los conteos de las marcas de crecimiento. Entre lecturas, entre lectores y con respecto a las lecturas hechas en los otolitos de la albacora *Thunnus alalunga*.

	Entre lecturas (1)	Entre lecturas (2)	Entre lectores	Contra Otolitos
Vértebras	80.1%	68.8%	71.4%	81.9%
Espinas	82.2%	75%	67.7%	8.7% -
Radios	94.4%	77.6%	65 %	60.3%

### III.7 Comparación del tiempo de lectura.

En el presente estudio los otolitos fueron la estructura que más tiempo se requirió en la obtención de la edad seguida de vértebras, radios. Siendo las espinas las más rápidas de leer. Debido que los lectores obviamente adquieren más facilidad, rapidez y precisión con cada lectura se tomo el tiempo promedio invertido en leer cada estructura una sola vez, entonces el tiempo promedio que se empleo en leer los otolito fue 1.35 h por otolito, 3 min. por vértebras, 2.5 por radio y 1.5 por espina.

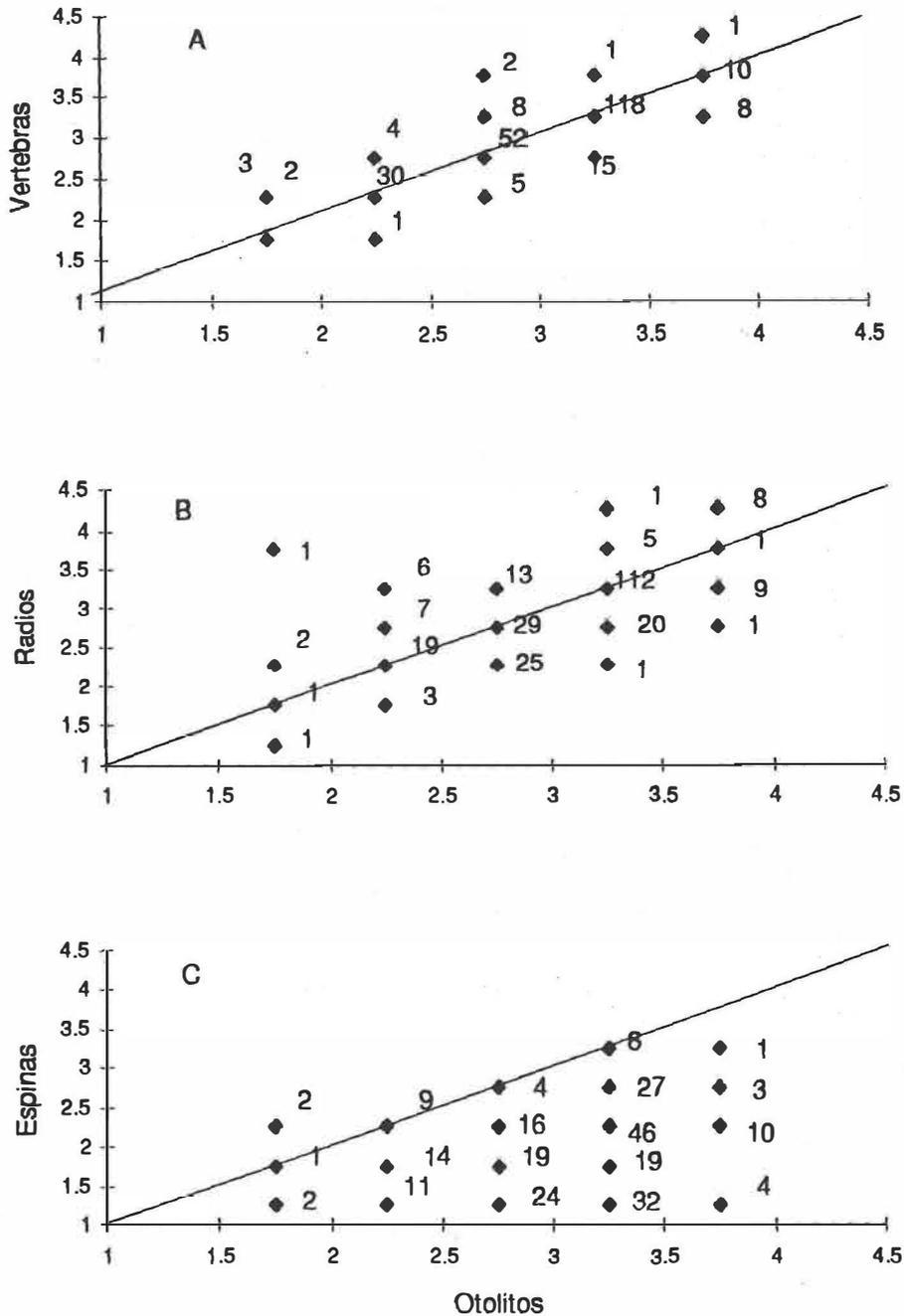


Figura 17.- Comparación entre edades asignadas usando; A) segunda vértebra hemal, B) radios de la aleta anal, C) espinas de la primera aleta dorsal y edades asignadas usando otolitos. El número en cada diamante representa el número de peces a los que se les determino la edad y la línea de 45° representa el 100% de coincidencia.

cada lectura se tomo el tiempo promedio invertido en leer cada estructura una sola vez, entonces el tiempo promedio que se empleo en leer los otolito fue 1.35 h por otolito, 3 min. por vértebras, 2.5 por radio y 1.5 por espina.

Tabla III.-Frecuencia de las diferencias, en años, entre las edades obtenidas con la lectura de otolitos contra las otras tres estructuras.

Años	Vértebras	Radios	Espinas
+2.0			
+1.5		1	
+1.0	2	7	
+0.5	16	37	2
0	217	160	22
-0.5	29	61	60
-1.0		4	79
-1.5			53
-2.0			32
-2.5			4

Promedio porcentual de coincidencia con las edades de $\pm 0.5$ años	99%	96.2%	33.5%
Promedio porcentual de coincidencia con las edades de $\pm 1.0$ años	100%	99.6%	61.5%

## IV DISCUSIÓN.

### IV.1 Determinación de la edad mediante la depositación de incrementos diarios en los otolitos.

Uno de los avances más importantes para la determinación de la edad fue el hecho por Panella (1971, 1974) quien mostró que los incrementos más pequeños de crecimiento en los otolitos sagitales de algunos peces de aguas templadas y tropicales ocurren diariamente. Con respecto a la albacora del Pacífico Norte (*Thunnus alalunga*), se ha comprobado esta suposición por el experimento de inyecciones de oxitetraciclina realizado por Laurs *et al.* 1985, quienes encontraron un promedio de 0.95 anillos por día, con un intervalo de talla entre 50-100 cm de LF. Concluyeron que, al ajustarle la suma de un 5 % a los incrementos contados provee una estimación precisa de la edad.

Los otolitos para *Thunnus alalunga* fueron relativamente fáciles de leer. El primer incremento contado en cada uno de los 277 otolitos correspondió a la primera zona discontinua alrededor del núcleo. En cada otolito, la parte más difícil de interpretar se localizó aproximadamente entre los incrementos 50 y 200; esto podría deberse a la alta tasa de crecimiento que caracteriza a esta especie y a que en el primer año de vida la depositación de los incrementos en los otolitos no se da en una forma ordenada ni homogénea. Esto provoca que en esta zona la depositación de incrementos se acelere y, frecuentemente, que uno o más incrementos subdiarios y falsos (Taubert y Coble, 1977; Brothers, 1978; Wootton, 1990) se observen entre los incrementos claramente definidos. Esta región de difícil interpretación existe también en la misma posición relativa de la sagitta del barrilete, *Katsuwonus pelamis* y atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, (Uchiyama y Struhsaker,

1981). Los resultados del experimento con albacora hechos por Laurs *et al.* (1985), sugieren que los incrementos en los otolitos del albacora para este trabajo fueron interpretados correctamente y que cada incremento, al aumentarle 5%, representa un día.

La edad obtenida con base en el conteo de incrementos diarios en otolitos, para la longitud furcal promedio (63 cm) fue de 1,082 días (2.96 años), difiriendo de lo reportado por Laurs y Wetherall (1981) y por Wetherall *et al.* (1987), lo cual fue de 2.09 años a 63 cm LF para la existencia del "Norte" y de 2.03 años para la del "Sur". Estas estimaciones se hicieron utilizando un modelo lineal, con base en las lecturas de los otolitos de peces pequeños. El modelo predece un crecimiento mucho más rápido, después del primer año, que el mostrado con datos de marcaje. Ellos concluyen que probablemente en el análisis de los otolitos completos, se podría estar subestimando sistemáticamente la deposición de los incrementos, en los estadios tempranos de vida.

La edad obtenida en este trabajo, para las albacoras de la existencia del "Sur" y del "Norte", no muestran un patrón diferente en el crecimiento en talla, lo cual es corroborado con los valores de DE en cada existencia, por lo tanto probablemente tampoco lo sean en crecimiento.

#### **IV.2 Utilización de las dimensiones de los otolitos como herramienta en la determinación de la edad.**

La fuerte correlación lineal entre el peso y la longitud del otolito con respecto a la edad muestra una gran potencialidad para la determinación de la edad máxima en peces (Boehlert 1985; Reznick *et al.* 1989). Pawson (1990) sugirió que la técnica tiene aplicaciones

limitadas en la determinación de la edad de poblaciones de peces silvestres, debido a la gran variabilidad de ambientes y tasas de crecimiento. Por eso la relación entre el peso del otolito y la edad debe de estar derivada para cada población o para cada localidad. Cambios similares en las dimensiones de los otolitos con respecto a la edad y a la longitud furcal han sido descritos para otras especies (Blacker 1974; Beamish 1979a; 1979b; Boehlert 1985).

Los otolitos están más involucrados en la captación de sonido y el mantenimiento del equilibrio, y tal vez crezcan de manera menos asociada con el incremento en talla o en masa del pez y más asociados al paso del tiempo (Casselman, 1987); esto se ve reflejado en la interpretación del crecimiento en los otolitos de la albacora del Pacífico Norte que muestra una mejor relación con la edad estimada que con la longitud del pez, pareciendo que el crecimiento somático y del otolito fueran independientes, lo cual ha sido mencionado por Wright *et al.*, 1990.

La relación entre edad y longitud mostró una tendencia de manera escalonada o de tipo estacional. Pauly (1992) describió el crecimiento oscilatorio estacional, señalando períodos de no crecimiento, debido a condiciones medio ambientales (disponibilidad de alimento, temperatura y migraciones). El resultado es una curva de crecimiento escalonada similar a lo encontrado en este trabajo, pero debido a que sólo se tiene datos de dos clases de edad principalmente no podemos hacer ninguna inferencia en un posible modelo de crecimiento de la albacora.

#### **IV.3 Estimación de la época de nacimiento.**

Una técnica validada para la determinación de la edad absoluta y su fecha de captura, nos lleva directamente a estimar la distribución de la época de nacimiento, sugiriendo los

ciclos de desove. La distribución de la época de nacimiento aquí encontrada para la albacora de Pacífico Norte, muestra que nacen principalmente durante el período de marzo - septiembre, concordando con lo reportado por Wetherall *et al.* (1987) y Bigelow *et al.* (1993). Estos resultados nos sugieren que la época de desove pudiera estar entre los meses de marzo y septiembre coincidiendo con la literatura (Bartoo y Foreman, 1993; Ramón *et al.* 1993).

La distribución de la época de nacimiento para las existencias "Norte" y "Sur", muestran una ligera diferencia, pero no provee los elementos necesarios para afirmar que poseen épocas de nacimiento distintas, como lo menciona Wetherall *et al.* (1978). Estas diferencias pueden ser el reflejo de los movimientos que realiza ésta especie. Evidencias de múltiples desoves han sido reportados para la albacora (Otsu y Uchida, 1959) Por lo que una sola existencia pudiese estar desovando en invierno más al sur que durante el verano.

#### **IV.4 Utilización de otras estructuras para la determinación de la edad.**

Una vez explorada la depositación de incrementos diarios en otolitos, el paso a seguir es examinar la formación de anillos estacionales en otras estructuras óseas, las cuales pueden ser utilizadas como una estructura alterna. Llegando a ser una herramienta rutinaria en el manejo de pesquerías (Longhurst y Pauly, 1987; Sosa-Nishizaki *et al.*, 1989).

La comparación de preopérculos, opérculos, espinas, vértebras y radios contra una estructura previamente validada (otolitos) provee los argumentos necesarios para la comprobación de la formación de anillos en el año (estacionales; un opaco y un hialino) para cada una de las estructuras antes mencionadas, lo cual fue uno de los problemas en los primeros trabajos de determinación de edad utilizando vértebras (Partlo, 1955; Otsu y

Uchida, 1959). Además, se sabe que en los peces templados las marcas son frecuentemente estacionales, como resultado de los cambios de temperatura. Análisis de datos de frecuencia de talla provee evidencias de que el crecimiento de los juveniles de albacora es fuertemente estacional y que la composición de tallas cambia año con año dependiendo de la variación de las condiciones medio ambientales como frentes, formación de fronteras, eventos relacionados con el fenómeno del niño y la disponibilidad del alimento (Holts y Coan, 1993).

La albacora es predominantemente templada en su fase juvenil y un poco más tropical en las etapas adultas y al igual que otras especies de *Thunnus*, es capaz fisiológicamente de termoregularse, manteniendo la temperatura del cuerpo hasta 15 °C más cálida que la temperatura del medio que la rodea (Morrison *et al.* 1978). Es plausible que la formación de anillos en los tejidos duros de la albacora esta influenciada por esas características y por ciclos biológicos más complejos, como la depositación de calcio en los tejidos duros, alimentación, patrones de migración y reproducción, así como la temperatura del agua donde habitan.

Las depositaciones de bandas estacionales en cada una de las estructuras analizadas presentaron patrones diferentes. Los opérculos no mostraron patrones definidos de crecimiento o evidencias de algún tipo sistemático de marca que se pudiese relacionar con edad o con tiempo. Sólo se encontró algunas marcas pequeñas y delgadas (hialinas) en las orillas de los preopérculos, concordando con lo reportado por Otsu y Uchida (1959).

Las lecturas hechas con base en la primera espina de la primera aleta dorsal mostraron ser fáciles de leer, tener una precisión promedio aceptable de 72.3%, pero una exactitud promedio de 8.7 %, con una fuerte tendencia a subestimar por más de un año de edad. Esto se debe principalmente al núcleo vascular tan poroso que posee esta estructura, el cual ha sido reportado con anterioridad para la albacora (Bard y Compeán-Jimenez 1980;

Beamish, 1981; González-Garcés y Fariña-Perez, 1983). Es posible que este núcleo tan poroso y la necrosis presente ocasionen la pérdida de la o las primeras bandas de crecimiento como lo sugieren nuestros resultados.

Los radios de la aleta anal presentaron patrones de crecimiento muy claros y consistentes, con ausencia de necrosis en el centro de los radios. Beamish (1981) encontró algo similar a lo antes mencionado, concluyendo que los radios de la aleta anal de la albacora entre 59-75 cm eran estructuras adecuadas para la determinación de la edad, mostrando un patrón claramente alternado entre una banda opaca (crecimiento rápido) y una hialina (crecimiento lento). Menciona también que fue difícil determinar la posición del primer anulus, debido a que no se utilizaron peces pequeños para la determinación de la edad y a la rapidez con que estos peces crecen en sus primeros meses de vida. Un problema que se observó fueron los anillos falsos o marcas, las cuales también fueron reportadas por Beamish (1981), estas marcas eran más delgadas, irregulares, inconstantes o no continuas alrededor de el radio, a diferencia de un anillo verdadero.

Las vértebras de las albacoras son cóncavas en los dos extremos y al seccionarlas se pueden observar claramente bandas concéntricas de crecimiento que corren paralelamente desde su centro (núcleo) hasta su extremo. Esos anillos fueron descritos por Partlo (1955) como "una zona traslúcida estrecha separada por zonas anchas opacas similares a las descritas por Freidenfelt (1922) para *Lucioperca*". El concluyó que se forman dos anillos por año, similar a lo que se observó en el presente trabajo y a lo encontrado por Figueras (1955).

Se observó que muchas de las inconsistencias que se encontraron en la interpretación y los conteos de los anillos en las vértebras pudieran atribuirse a la dificultad en distinguir anillos cercanos al vértice del cono (núcleo) y también en el margen de la vértebra, como sucede en otros túnidos (Prince *et al.*, 1985). Esto no significa que los anillos en el núcleo de

la vértebra hayan sido fáciles y claros de interpretar, pero las inconsistencias fueron mucho menores en esas zonas. Esto se podría colocar en un punto medio de lo reportado por Partlo (1955) quien mencionó que el conteo de los anillos fue reproducido con una muy alta consistencia y lo encontrado por Otsu y Uchida (1959), quienes reportan que el conteo de anillos no se pudo reproducir satisfactoriamente, agregando que no considera la repetibilidad como un prerequisite para utilizar las vértebras en la determinación de la edad de la albacora. La dificultad de definir claramente los anillos concéntricos de crecimiento en vértebras para la albacora no ha sido reportado en los trabajos más recientes (Lee y Kou, 1988; Fernández, 1991 y Labelle *et al.*, 1993). Esto tal vez se deba a las diferentes técnicas empleadas para la preparación de las vértebras, además de la estandarización previa de los criterios de lectura.

Los otolitos son sin duda alguna las mejores estructuras para determinar la *edad absoluta*, pero a la vez las más complicadas y difíciles de interpretar, al contrario de las otras estructuras las cuales no presentan diferencias significativas entre las edades medias obtenidas con respecto a otolitos, exceptuando espinas. Las espinas sesgaron subestimando un año y medio en promedio, siendo la causa más probable el centro vascular poroso característico de esta estructura, provocando una exactitud muy baja teniendo un porcentaje de coincidencia de sólo 8.7%. Los radios presentaron mayor sesgo que vértebras las cuales parecen no presentan ningún sesgo.

El coeficiente de variación y el índice de precisión para radios fue el mejor tanto entre lecturas como entre lectores; pero al comparar el porcentaje de coincidencia (exactitud) con respecto a otolitos, éste fue de 60% a diferencia del mostrado por vértebras que presentó una coincidencia del 82%; el que llegó a ser de 99% con  $\pm 0.5$  de año, lo que significa que sólo un 0.01 difiere por más de un año. La variación entre el CV se puede deber a la variación en la habilidad y experiencia de los lectores.

Debido a que la edad es fundamental en el entendimiento de la biología de la especie y de la dinámica poblacional, es imperativo determinar la exactitud y precisión del método al momento de evaluar los resultados de las diferentes estructuras antes de recomendar alguna estructura como alterna. La alta coincidencia (exactitud) de las edades estimadas utilizando los radios de la aleta anal y la segunda vértebra hemal sugieren que tanto vértebras como radios pueden utilizarse como una estructura alterna a las lecturas diarias en otolitos, pero cada estructura presenta un error asociado. La comparación de la determinación de la edad entre las estructuras es recomendado como un proceso rutinario para establecer medidas de manejo (Beamish y McFarlane, 1987).

Las ventajas en uso de las vértebras como fuente de determinación de la edad para el manejo o seguimiento de la captura comercial de la albacora *Thunnus alalungs* son: el no sufrir gran necrosis, son fáciles de extraer, rápidas de preparar y su exactitud es alta, como lo muestran los resultados. Debido a que los patrones de crecimiento son muy claros y fáciles de identificar la utilización de las secciones de los radios de la aleta anal permitió aumentar la precisión en comparación con otras estructuras, especialmente para peces grandes. La obtención de los radios se puede hacer sin sacrificar al pez o una vez en puerto sin alterar su precio en el mercado. Las desventajas de utilizar esta estructura radican en la dificultad de determinar la posición del primer año, en identificar los anillos falsos y en la necrosis que en ocasiones llegan a presentar (10 % del total de las espinas presentaron necrosis). Las desventajas que presentó la utilización de las vértebras fueron: una precisión de lectura no tan elevada como en la de radios; una interpretación más difícil y que, dependiendo de la vértebra a utilizar, se pueda alterar o no el precio en el mercado.

Otro factor a considerar antes de decidir cuál estructura se puede utilizar como alterna para la determinación de la edad es el tiempo requerido para la preparación e

interpretación de cada estructura. En este estudio las espinas fueron las más rápidas de leer pero las menos exactas. A los otolitos se les invirtió más tiempo en las lecturas. Vértebras y radios se pueden considerar como estructuras rápidas de leer.

Si en la vida de un pez su morfología, fisiología y medio ambiente cambian con respecto al tiempo, es de suponerse que la depositación de marcas de crecimiento en las estructuras óseas también cambien con respecto al tiempo. Es posible que algunas estructuras sean más apropiadas para la determinación de la edad durante alguna fase del ciclo de vida del pez y no en otro. Además es fundamental saber qué es lo que se desea saber con la determinación de la edad con base en alguna estructura ósea, porque de eso dependerá en gran parte qué tanto se necesita de exactitud, precisión, disponibilidad y tiempo invertido en leer cada estructura. Con base en lo anterior no existe ningún problema en utilizar las vértebras o los radios como una estructura alterna en la determinación de la edad de la albacora del Pacífico Norte (*Thunnus alalunga*).

Tabla IV.- Comparación de la edades obtenidas por diferentes trabajos en los últimos 30 años utilizando diferentes metodologías.

Fuente Autor	Métodos de datado	Área de estudio	Edad estimada (años) correspondiente a los longitud reportada (Bartoo, 1993)			Intervalo de estudio (cm)
			52 cm	65cm	76 cm	
Clement (1961)	Marcado	Pacífico N.	0.98	1.97	2.97	55-91
Shomura (1966)	Marcado	Pacífico N.				60-91
Wetherall <i>et al.</i> (1987)	Marcado	Pacífico N.				30-93
		Stock Norte Stock Sur	1.98 1.67	2.76 2.30	3.75 3.12	
Bardax <i>et al.</i> , (1980)	Espina dorsal	Atlántico N.	1.30	2.20	3.01	38-110
Gonzales-Garces y Fariñas-Perez (1983)	Espina dorsal	Atlántico N.	2.02	3.27	4.49	93-111
	Espinas dorsales		1.98	3.19	4.38	50-105
Fernández (1991)	Vértebras	Pacífico S.	1.84	2.95	4.05	
Labell <i>et al.</i> , (1993)	Vértebras	Pacífico S.	2.26	3.80	5.45	44-110
	Datos de frecuencia		3.21	4.62	6.38	
Shomura (1966)	Escamas	Pacífico N.	2.78	3.50	4.30	60-120
	Escamas	Pacífico N.	2.55	3.55	4.53	40-95
Huag (1991)	Escamas	Indico	2.31	3.47	4.65	64-106
Wetherall <i>et al.</i> , (1987)	Otolitos	Pacífico N.				30-93
		Exist. Norte Exist. Sur	1.53 1.59	2.14 2.19	2.92 2.79	
Presente estudio	Otolitos	Pacífico N.		3.25		51-74
	Vértebras			3.20		
	Rádios			3.30		
	Espinas			1.80		

## V CONCLUSIONES.

1.-La depositación de los incrementos diarios en los otolitos de juveniles de la albacora (*Thunnus alalunga*) del Pacífico Norte, son relativamente fáciles de interpretar, siendo la única estructura que proporciona su edad absoluta.

2.-Las albacoras del Pacífico Norte susceptibles a ser capturadas pertenecen a una misma existencia, o por lo menos no existen suficientes evidencias que demuestren lo contrario.

3.-Las vértebras, radios y espinas contienen información sobre la edad de la albacora, la cual se manifiesta mediante la depositación de anillos concéntricos de crecimiento presentes en cada estructura, con una periodicidad consistente de dos anillos por año, uno opaco (crecimiento rápido) y otro hialino (crecimiento lento).

4.- Las vértebras de las albacoras pequeñas son de alguna manera más fáciles de interpretar que las de las albacoras grandes. La precisión entre sus lecturas y entre los lectores es alta y constante, sugiriéndonos que el uso de las vértebras para la determinación de la edad es apropiado, además de que su exactitud en la determinación de la *edad absoluta* obtenida con otolitos es de un 81.9%.

5.- Los radios y la espinas son más fáciles de coleccionar y procesar que los otolitos y vértebras y además no es necesario sacrificar al individuo para la obtención de las estructuras.

6.- Las espinas fueron las estructuras mas rápidas de leer, seguido de radios, otolitos y por último otolitos.

7.- Aunque las lecturas de las espinas son muy precisas entre lectores, no son estructuras recomendadas para la determinación de la edad para la albacora, debido a la baja exactitud provocada por el centro vascular tan poroso que reabsorbe tejido del núcleo hacia afuera, destruyendo en ocasiones los primeros incrementos.

8.- No se encontró ningún patrón claro ni sistemático de crecimiento en opérculos y preopérculos por lo que no son estructuras recomendables para la determinación de la edad en la albacora del Pacífico Norte

9.-Con base en los requisitos para elegir una estructura adecuada en la determinación de la edad -como pueden ser: precisión y exactitud, además de la facilidad de colecta y procesado rápido- se sugiere que tanto vértebras como radios de la aleta anal satisfacen los requisitos antes mencionados, pudiéndose utilizar las vértebras o los radios como una estructura alterna a otolitos para la determinación de la edad para la albacora del Pacífico Norte, además que ambas estructuras son estimadores de la edad relativamente sin sesgo pero que cada una tiene algo de error asociado.

## LITERATURA CITADA.

- Babaluk, J. A. y J. S. Campbell. 1987. Preliminary result of tetracycline labelling for validating annual growth increments in opercula of Walleyes. North Amer. Jour. of Fish. Manag. 7:138-141.
- Baker, T. T. y L. S. Timmons. 1991. Precision of ages estimation from five bony structure of Artic chart (*Salvelinus alpinus*) from the Wood river system, Alaska. Can. Jour. of Aquat. Sci. 48:1007-1014.
- Bard, F. X. y G. Compeán-Jimenez. 1980. Conséquences pou l'evaluation du taux d'exploitation du germon(*Thunnus alalunga*) Nord Atlantique d'une courbe de croissans deduite de a lecture des sections de rayos epinaux. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Collect. Vol. Sci. Pap. Madrid 9(2):365-375.
- Bartoo, N. W., D. Holts y C. Brown. 1991. Report on the 1990 corporative North Pacific albacore observer project. SWFSC Admin. Rpt. LJ-91-09. 16 p.
- Bartoo, N. W., D. Holts y C. Brown. 1992. Report on the 1991 corporative North Pacific albacore observer project. SWFSC Admin. Rpt. LJ-92-07. 14 p.
- Bartoo, N. W. y D. Holts. 1993. Report on the 1992 corporative North Pacific albacore observer project. SWFSC Admin. Rpt. LJ-93-04. 14 p.
- Bartoo, N. W. y T. J. Foreman. 1993. A review of the biology and fisheries for North Pacific Albacore (*Thunnus alalunga*). In: Shomura, R. S.; J. Majikowski y S. Langi. 1993. Interactions of Pacific tuna fisheries. Proceedings of the frist FAO Expert Consultion on Interactions of Pacific Tuna Fisheries, 3-11 December 1991. Noumea, New

Caledonia. Vol. 2: papers on biology and fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 336, Vol. 2. Rome, FAO. 1993, 439p.

Beamish, F. H. 1979 a. Differences in the age of Pacific hake (*Merluccius productus*) using whole otoliths and section of otoliths. Jour. of Fish. Res. Bd. Can. 36:141-151.

Beamish, F. H. 1979 b. New information on the longevity of Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). Jour. of Fish. Res. Bd. Can. 36,:1395-1400.

Beamish, R. J. y G. A. MacFarlane, 1987. Current trends in age determination methodology 15-42. In: Summerfelt R. C. y G. E. Hall. 1987. Age and Growth of Fish. The Iowa State University Pres. Ames, Iowa, 544p.

Beamish, R. J. , 1881. Use of fin-ray sections to age Walleye Pollock, Pacific Cod and albacore, and the importance of this method. Trans. of the Amer. Fish. Soci. 110:287-299.

Berry, F. H. D. W. Lee y A. R. Bertolino. 1977. Progress in Atlantic bluefin tuna ageing attempts. Coll. Vol. Sci. Pap. Int. ICCAT. 6(2):305-317.

Berry, F. H. 1978. Vertebrae related studies. In: J.J. Hunt (ed.), Int. Comm. Conserv. Atlantic Tunas. 7(2):337-339.

Bigelow, K. A., J. T. Jones y M. Margolles-Sierra. 1993. Age Variability within a length-frequency mode of the North Pacific albacore fishery as determined by otolith analysis. Bartoo, N. W. y Y. Uozumi (eds.), Report of the thirteenth North Pacific albacore workshop. SWFSC Admin. Dic.-93-08-14 37p.

- Boehlert, G. W. 1985. Using objective criteria and multiple regression models for age determination in fishes. *Fish. Bull.* 83:103-117.
- Blacker, R. W. 1974. Recent advances in otolith studies. In: Harden Jones. F. R. (Ed.) *Sea Fisheries Research*. 67-90p.
- Brothers, E. B. 1978. Exogenous factors and the daily and subdaily growth increments in the fish otoliths. *Am. Zool.* 18(3):631.
- Boiko, E.G. 1951. Methods of age-determination of fish by saw-curves of fins. (Russian.) *Trudy Azovo-Chernomorskogo. Nauchno-Issledovatel'skogo. Instituta Morskogo Rybnogo Khozyaistva i Okeanografii* 15:141-168.
- Campana, S. E. y J. D. Neilson. 1982. Daily growth increments in otoliths of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production. *Can. Jour. of Fish. and Aquat. Sci.* 39:937-942.
- Campana, S. E. y J. D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. Jour. Fish. Aquat. Sci.* 42:1014-1032.
- Casselman, J. M. 1987. Determination of age and growth. Capitulo 7 p. 209-242 In: Weatherley H. y H. S. Gill. *The biology of fish growth*. Academic Press, London. 443 p.
- Casselman, J. M. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures: techniques and tools. In: Prince, E. D. y L. M. Pulos (eds.), *Proceedings of International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*, p. 211. U.S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS 8:1-17.

- Cailliet, G. M., M. S. Love, W. A. Ebeling. 1986. Fishes: A field and laboratory manual and their structure, identification, and natural History. Wodsworth Publishing Company. Belmont, Cal. USA 194.
- Chang, W. Y. B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determinations. *Can. Jour. Fish. Aquat. Sci.* 39:1208-1210.
- Chi, K.-S. y R.-T. Yang. 1973. Age and growth of skipjack tuna in the waters around the southern part of Taiwan. *Acta Oceanogr. Taiwan.* 3:181-198.
- Collette, B. B. y C. E. Nauen. 1983. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tuna, makerels, bonitos y related species known to date. FAO Fish. Synop. (125) Vol. 2: 137p.
- Compeán-Jimenez, G. y F. X. Bard. 1983. Growth increments on dorsal spines of eastern Atlantic bluefin tuna, (*Thunnus thynnus*), and their possible to migration patterns. In: Prince, E. D. y L. M. Pulos (eds.), *Proceedings of International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*, p. 211. U.S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS 8:77-86.
- Clemens, H. B. 1961. The migration, age and growth of Pacific albacore (*Thunnus alalunga germo*), 1951-1958. *Fish. Bull. Calif. Dep. Fish. Game* 115:128p.
- Cuerrier, J.P. 1951. The use of pectoral fin rays for determinig age of strugeons and others species of fish. *Can. Fish. Cult.* 11:10-18.
- Dunkelberger, D. G., J. M. Deam y N. Watabe. 1980. The ultrastructure of the otolith membrane and otolith in juvenile munnichong *Fundulus heteroclitus*. *Journal Morfology* 163: 367-377.

- Farber, M. I. y D. W. Lee. 1981. Ageing western Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, using tagging data, caudal vertebrae and otoliths. Int. Comm. Conserv. Atl. Tuna Collect. Vol. Sci. Pap. Madrid 15(2):288-301.
- FAO, 1991. Anuario Estadístico de Pesca: Capturas y Desembarcos, 72:654.
- FAO, 1993. Anuario Estadístico de Pesca: Capturas y Desembarcos, 72:654.
- Figueras, A. 1957. Datos sobre la edad y crecimiento del albacora (*Germo alalunga*, Bonnaterre). Invest. Pesq. 9:27-1.
- Fernandez, M. 1991. Revision des methodes d'ageage du germon (*Thunnus alalunga*, Bonn. 1788) nord-est atlantique par l'etude des pieces anatomiques calcifiees. Int. Comm. Conserv. Atl. Tuna Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT Recl. Doc. Sci. CICTA Collect. Doc. Cient. CICAA. 39(1):225-240.
- Foreman, T. J. 1980. Synopsis of biological data on the albacore tuna, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788), in the Pacific ocean. Spec. Rep. I-ATTC, 2:17-70.
- Frost, W. E. y C. Kipling. 1959. The determination of the age and growth of pike (*Esox lucius*) from scales and opercular bones. Jour. du Conseil Inter. pour l'Explo. de la mer 24:314-341.
- González-Garcés, A. y A. C. Fariña-Pérez. 1983. Determining age of young albacore, *Thunnus alalunga*, using dorsal spine. In: Prince, E. D. y L. M. Pulos (eds.), Proceedings of International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks, p. 122. U.S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS 8:

- Gutiérrez, E. y B. Morales-Nin. 1986. Time series analysis of daily growth cycles in *Dicentrarchus labrax* (Pisces: Serranidae). Jour. Exp. Mar. Biol. and Ecol. 103: 163-179.
- Holden, M. J. y D. F. S. Raitt (eds.), 1974. Manual of Fisheries science. Part 2- Methods of resource investigation and their application. FAO Fish. Tech. Pap (115). Rev. 1:76-126.
- Holts, D. y A. Coan. 1993. The U. S. Pacific albacore surface fishery, 1991-1993. Bartoo, N. W. y Y. Uozumi (eds.), Report of the thirteenth North Pacific albacore workshop. SWFSC Admin. Dic.-93-08-14 37p.
- Joseph J., W. Kllawe y P. Murphy. 1988. Tuna and billfish, fish without country. Library of Congress Catalog Number: 88-81094. ISBN 0-9603078-2-6. Fourth Edition.
- Le Cren, E. D. 1947. The determination of the age and growth of the perch (*Perca flviatilis*) from the opercular bone. Jour. of Ani. Eco. 16:188-204.
- Labelle, M., J. Hampton, K. Bailey, T. Murray, D. A. Fournier y J. R. Sibert. 1993. Age and growth of South Pacific albacore (*Thunnus alalunga*) from analyses of length frecuencies, vertebral ring counts and tagging data. Fish. Bull. 91(4):649-663.
- Laurs, R. M. 1983. The North Pacific albacore-an important visitor to California current waters. CalCOFI Rep. 24: 99-106.
- Laurs, R. M. R. Nishimoto y J. A. Wetherall, 1985. Frecuency of increment formation on sagittae of north pacific albacore (*Thunnus alalunga*). Can. Jour. Fish. Aquat. Sci. 42: 1552-1555.

- Laurs, R. M. y R. J. Lynn. 1977. Seasonal migration of North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, into North America costal waters: distribution, relative abundance and association with Transition zone waters. Fish. Bull. U.S. 75(4): 795-822.
- Laurs, R. M. y J. A. Wetherall. 1981. Growth rate North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, based on tag returns. Fish. Bull. U.S. 79(2): 293-302.
- Laurs, R. M., H. S.H, Yuen y J. H. Johnson. 1977. Small-scale movements of albacore, *Thunnus alalunga*, in relation to ocean features as indicated by ultrasonic tracking and oceanographic sampling. Fish. Bull. U.S. 75(2):347-355.
- Lee, Y-C. y K. C-L. 1988. Age Characters of albacore, *Thunnus alalunga*, in the indian ocean. FOA, Indo-Pacific Tuna Development and Management Program. Col. Vol. of Working Documents. TWS/88/61, 3:99-108.
- Longhurst, A. R. y D. Pouly. 1987. Ecology of tropical ocean. Academic Press: San Diego , 407p.
- LeCren, E. D. 1947. The detemination of age and growth of the perch (*Perca fluviatilis*) from the opercular bone. Jour. of Animal Ecol. 16:188-204.
- McConnell, W. J. 1952. The opercular bone as an indication of age and growth in carp. *Cyprinus carpio*, Linnaeus. Trans. of the Amer. Fish. Soc. 81:138-149.
- Morales-Nin, B. 1988. Caution in the use of daily increment of ageing tropical fishes. Fishbyte 6(2):5-6.
- Morales-Nin, B. 1991. Determinación de crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Doc. Tech. Pesca. 322. Roma, 58.

- Morrison, D. C., R. M. Laurs, y R. C. Ulevitch. 1978. Activity of albacore serum complement reflects its thermoregulatory capacity. In: Sharp G. D. y A. E. Dizon (eds.), *The Physiological ecology of tunas*, p. 141-150. Academic Press, New York
- Mugiya, y. N. Watabe, J. Yamada, J. M. Dean, D. G. Dunkelberger y M. Sjimizu. 1981. Diurnal rhythm in otolith formstion in the goldfish (*Carassius auratus*). *Comparative Biochemistry and physiology* 68A: 659-662.
- Neilson, J. D. y G. H. Green. 1982. Otoliths of chinoh salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): daily growth increments and factors influencing their production. *Can. Jour. of Acuut. Sci.* 39:1340-1347.
- Nielsen, L. A. y D. J. Johnson (ed.), 1983. *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society. Columbus Ohio, 16:301-324.
- Otsu, T. and R. N. Uchida. 1959. Study of age determination by hard parts of albacore from central north Pacific and Hawaiian waters. *US Fish and Wildlife Service. Fish. Bull.* 59:353-363.
- Otsu, T. and R. N. Uchida. 1963. Model of migration of albacore in the noth Pacific Ocean. *Fish Bull. U.S. Fish Wildl. Serv.* 63(1):33-44
- Pannella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Sci. N.Y.* 173:1124-1127.
- Pannella, G. 1974. Otoliths growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In T.B. Bagenal (ed.), *The ageing of fish*. unwing Brothers Ltd. England: 28-39.

- Pannella, G. 1980. Growth patterns of Fish sagittae. In: D.C. Rhoads and R. A. Lutz, (eds.), Skeletal growth of Aquatic Plenum Press, N.Y. USA:519-560.
- Partlo, J. M. 1955. Distribution, age and growth of eastern Pacific albacore (*Thunnus alalunga* Gemelin), Jour. Fish. Res. Board. Can. 12:35-60.
- Prince, E. D., D. W. Lee, and J. C. Javech. 1985. Intrenal zonations in section of vertebrae from Atlantic bluefin tuna, *Tunnus tynnus*, and their potential use in age determination. Can. Jour. of fish. and Aquat. Sci. 42:938-946.
- Pauly, D. 1992. A new model accounting for seasonal cessation of growth fishes. 279-284p. In: Smith, D. C. (ed.), Age determination in fish and other aquatic animals. Aust. Jour. Mar. Freshwater Res. 43:1151-1156p.
- Pawson, M. G. 1990. Using otoliths Weight to age fish. Jour. of Fish. Biol. 36:521-531.
- Ramon, J., J. Childers y D. Hawn. 1993. Maturity and spawning of albacore *Thunnus alalunga*, near the Hawaiian Islands and in the North Pacific Transition Zone. Bartoo, N. W. y Y. Uozumi (eds.), Report of the thirteenth North Pacific albacore workshop. SWFSC Admin. Dic.-93-08-14 37p.
- Reznich, D., E., Lindbeck y H. Bryga. 1989. Slower growth results in larger otoliths: an experimental test with guppies (*Poecilia reticulata* ). Can. Jour. Fish. Aquat. Sci. 46:108-112.
- Shomura, R. S. 1966. Age and growth studies of four species of tuna in the Pacific ocean . En Thomas A. Manar (ed.), Proc. Gov. Conf. Central Pac. Fish. Res. 203-219.

- Sosa-Nishizaki O., M. Shimizu y Y. Nose. 1989. The potential use of the second dorsal fin rays of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* as an aging character. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55(9):1559-1564.
- Sharp D. y D. R. Bernard. 1988. Precision of estimated ages of lake trout from five calcified structures. *North Amer. Jour. of Fish Manag.* 8:367-372.
- Sund, P. N., M. Blackburn y F. Williams. 1981. Tuna and their environmental in the Pacific Ocean: a review. *Rev. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 19:443-512.
- Taubert, B. D. y D. W. Coble. 1977. Daily rings in otoliths of three species of *Lepomis* and *Tilapia mossambica*. *Jour. of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 332-340.
- Tan, H-C, Y. Nose y Y. Hiyama. 1965. Age determination and growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares* Bonnaterra by vertebrae. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 31(6):414-422.
- Uchiyama, J. H. y P. Struhsaker. 1981. Age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* and yellowfin tuna *Thunnus albacares*, as indicate by daily growth increments of saggitae. *U.S. Natl.Mar.Fish.Serv. Fish. Bull.* 79: 151-162.
- Watabe, N. K. Tanaka, J. Yamada y J. M. Dean. 1982. Scanning electron microscope observation of the organic matrix in the otolith of the teleost fish *Fundulus heteroclitus* y *Thilapia nilotoca*. *Jour. Experimental Marine Biology and Ecology* 58:127-134.
- Wetherall, J. A., R.M. Laurs, R. N. Nishimoto y M. Y. Y. Yong. 1987. Growth variation and stock structure in North Pacific albacore. Working paper for the 10 th North Pacific Albacore workshop. Shimizu, Shizuoka, Japan. August 1987. 16p.

- Wright, P. J., N. B. Metcalfe y J. E. Thorpe. 1990. Otolith and somatic growth rates in Atlantic salmon parr, *Salmo salar*. Jour. Fish. Biol. 32(4): 495-504.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall (ed.), London 404p.
- Yang, R. T. 1970. Studies of age and growth of Atlantic and Pacific albacora and a critical review on the estock structure. China Fish. Mon. 213: 16.
- Zar, H. 1984. Biostatistical Analisis. 2nd edn. Prentice Hall: Englewood Cliffs. 620p.