



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

Edad, Crecimiento y Mortalidad natural del bonito *Euthynnus alletteratus*
(Rafinesque, 1810) en el suroeste del Golfo de México.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Maestra en Ecología y Pesquerías

PRESENTA:

Biól. Zoila Teresita de Jesús Alcaraz García

COMITÉ TUTORAL:

Director de Tesis

Dr. César Meiners Mandujano

Tutores

Dra. Patricia Arceo Briseño

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

M.C. Carmen Rodríguez Medrano

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

DICIEMBRE 2012

DEDICATORIA

A las familias Alcaraz y Roldan (Padres, esposo, hermanos, suegros, tías (o), primos (a), abuelas)
por su amor y comprensión, este logro es suyo.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías por haberme aceptado en su posgrado. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada para realizar mis estudios de maestría apoyando de esa manera mi formación profesional.

Al Doctor Cesar Meiners Mandujano por darme la oportunidad y creer en mí, gracias por sus enseñanzas, orientación, consejos y buen humor, y sobre todo por su amistad. A la Doctora Patricia Arceo Briseño por creer en mí, por su orientación y aportaciones a esta tesis. Al Doctor Oscar Sosa Nishizaki por abrirme las puertas del Laboratorio de Ecología Pesquera del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), y por compartirme sus conocimientos y experiencias. Y a la M.C Carmen Rodríguez Medrano por las aportaciones brindadas para la construcción de esta tesis.

A la Doctora Lourdes Jiménez Badillo por sentar las bases de mi interés en la línea de investigación pesquera, gracias por ser uno de los pilares más importantes de mi formación profesional. A los doctores Alejandro Granados Barba por hacerme leer artículos en inglés, David Salas Monreal por orientarme en el protocolo, a José Ake Castillo y Leonardo Ortiz Lozano por sus tareas de cuatro horas jejejeje, gracias. Y a mis compañeros de generación Heber Zea de la Cruz, Ángeles y Marcos Rangel por su amistad y por compartir conmigo esta etapa.

A Luis Mier Uco, Juan Pablo Bouchot Alegría por apoyarme en esta tesis, por estar en los buenos ratos, las alegrías y la desesperación, y por supuesto por ser los mejores amigos.

A Alex (“mi esposito”) por su apoyo, ideas, por comprender que en ocasiones no tenía tiempo para él, por desvelarse conmigo cuando redactaba la tesis, por sopórtame cuando me desesperaba y por su amor que siempre me inspiró a seguir adelante.

A Alfonso Alcaraz Velasco y María Gracia García Villegas mis padres, por enseñarme el valor del trabajo, por impulsarme a ir siempre hacia adelante y nunca conformarme, por ser partidarios de mi formación personal y profesional, por su amor y por comprender que no siempre podía estar con ellos.

Y a todos aquellos que no mencione, pero que formaron parte de este logro.

RESUMEN

En el presente estudio se estimó la edad, describió el crecimiento y determinó la mortalidad natural del bonito *Euthynnus alletteratus*, se muestrearon 153 individuos de los ejemplares desembarcados en las localidades de Antón Lizardo y Mata de Uva, pertenecientes al municipio de Alvarado, Veracruz, de los cuales 80 fueron machos y 70 hembras con un intervalo de tallas entre 287 y 807 mm de LF. La edad fue determinada mediante la lectura de anillos de crecimiento en la primera espina de la primera aleta dorsal, el análisis de borde y análisis de incremento marginal permitieron comprobar que la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento es anual. Se aplicó el método de Hill *et al.* (1989) para corregir la estimación de la edad por la reabsorción de los primeros anillos debido a la vascularización en el núcleo, se encontraron 8 grupos de edad (2 a 9 años), siendo los más abundantes de 2 a 5 años. Los parámetros de crecimiento fueron estimados mediante el modelo de Von Bertalanffy (1983) ajustado al modelo de máxima verosimilitud con el logaritmo de Newton fueron, en machos: $L_{\infty} = 839.17$ mm, $k = -0.2$ años⁻¹, $t_0 = -0.152$ años y en hembras: $L_{\infty} = 781.9$ mm, $k = -0.234$ años⁻¹, $t_0 = -0.139$ años, se encontraron diferencias significativas entre sexos ($T_0^2 = 8.20$, $df_1 = 3$, $df_2 = 133$, $p = << 0.001$). Se estimaron las edades máximas siendo de 13 años para hembras y de 15 años para machos. Así mismo se determinó la tasa de mortalidad natural a partir de diferentes fórmulas empíricas (Rikhter & Efanov, 1976; Pauly, 1980; Hoening, 1983 y Hewitt & Hoening, 2005) mostrando una variación de entre 0.28 y 0.63 año⁻¹, estas tasas indicaron que de la fecha de nacimiento a los 2 años de edad se disminuye la población del *E. alletteratus* en aproximadamente un 80%.

ABSTRACT

In this study was estimated the age, describe the growth and determined the natural mortality of bonito *Euthynnus alletteratus*, 153 individuals were sampled of landed in the Antón Lizardo and Mata de Uva, belonging to the municipality of the Alvarado, Veracruz, of wich 80 were male and 70 females with a size range between 287 and 807 mm of FL. The age was determined by reading growth rings in the first spine of the first dorsal, the edge analysis and marginal increment analysis allowed us to prove that the periodicity of formation of growth rings is annual. The method was applied Hill *et al.*, (1989) to correct age estimation by the reabsorption of the first rings to the vascularization in the nucleus, they found eight age groups (2-9 years), the most abundant of 2-5 years. Growth parameters were estimated by the Von Bertalanffy (1983) model set the maximum likelihood model with the logarithm of Newton were, in males: $L_{\infty} = 839.17$ mm, $k = -0.2 \text{ years}^{-1}$, $t_0 = -0.152$ years and in females: $L_{\infty} = 781.9$ mm, $k = -0.234 \text{ years}^{-1}$, $t_0 = -0.139$ years, and found significant differences between sexes ($T_0^2 = 8.20$, $df_1 = 3$, $df_2 = 133$, $p = << 0.001$). Maximum ages were estimated be of 13 years for females and 15 years of males. It also determined the natural mortality rate from different empirical formulas (Rikhter & Efanov, 1976; Pauly, 1980; Hoening, 1983 y Hewitt & Hoening, 2005) showing a variation of between 0.28 and 0.63 year^{-1} , this rate indicate that the date of birth to 2 years of age decreases the population of *E. alletteratus* by approximately 80%.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	5
2.1 Generalidades del bonito <i>E. alletteratus</i>	5
2.2 Edad y crecimiento del bonito <i>E. alletteratus</i>	5
2.3 Estudios de <i>E. alletteratus</i> en el Golfo de México.....	7
3. Objetivo.....	9
3.1 Objetivo General.....	9
3.2 Objetivos Particulares.....	9
4. Materiales y Métodos.....	10
4.1 Obtención de muestras.....	10
4.2 Procesamiento de ejemplares.....	10
4.3 Procesamiento de espinas.....	11
4.4 Técnicas aplicadas a la espina.....	12
4.4.1 Encapsulado de las muestras.....	12
4.4.2 Cortado de las muestras.....	13
4.4.3 Pulido y montado de las muestras.....	14
4.5 Estimación de la edad.....	14
4.5.1 Verificación y validación de la edad.....	16
4.6 Análisis Estadístico.....	17
4.6.1 La espina como un buen indicador del crecimiento.....	17

4.6.2 Precisión.....	18
4.6.3 Estimación del crecimiento.....	19
4.6.4 Longevidad.....	21
4.6.5 Mortalidad natural.....	22
5. Resultados.....	24
5.1 Distribución de tallas.....	24
5.2 Uso de la espina en la estimación del crecimiento.....	25
5.3 Determinación de la edad	26
5.4 Periodicidad de formación de las bandas de crecimiento	31
5.5 Precisión.....	32
5.6 Crecimiento.....	34
5.7 Longevidad.....	35
5.7 Mortalidad natural.....	36
6. Discusión.....	38
7. Conclusiones.....	44
8. Referencias bibliográficas.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Medidas de longitud del bonito <i>Euthynnus alletteratus</i> : Longitud furcal (LF) y longitud furcal circular (LFC), modificada de FAO.....	10
Figura 2. Extracción de la espina (Compeán-Jiménez, 1980).....	11
Figura 3. Espinas encapsuladas.....	12
Figura 4. Medidas de la espina: longitud total (LT) y distancia para obtener el corte (20% de la LT).....	13
Figura 5. Cortado de espinas.....	13
Figura 6. Características relevantes de la sección de espina, en esta imagen se observan 6 bandas hialinas y 6 opacas.....	14
Figura 7. Espina que presenta vascularización en el núcleo.....	15
Figura 8. Radios parciales (Rp), centro del foco (CF) y radio total (Rt).....	16
Figura 9. Dimensiones de la espina: diámetro longitudinal (D1), diámetro transversal (D2) y longitud total de la espina (LT).....	18
Figura 10. Distribución de tallas: Machos (n=80) ■ y Hembras (n=70) □	24
Figura 11. Relación lineal de la longitud furcal (LF) y radio total de la espina (Rt).....	26
Figura 12. Banda triple opaca (1), banda doble opaca-fina (2), banda doble opaca-gruesa (3) y banda doble hialina (4).....	27
Figura 13. Grupos de edad observados.....	29
Figura 14. Edad observada * y estimada □ del bonito <i>E. alletteratus</i>	30
Figura 15. Año tipo de porcentaje mensual de bordes hialinos (gris) y opacos (negro).....	31
Figura 16. Análisis mensual del incremento marginal (IIM) de un año tipo	32

Figura 17. Coeficiente de variación por grupo de edad. Lector 1 — y lector 2 —	33
Figura 18. Índice de precisión por grupo de edad. Lector 1 — y lector 2 —	33
Figura 19. Curvas de crecimiento: hembras — , machos - - y ambos sexos - - promedios observados por edad: hembras ■ , machos * y ambos sexos ●.....	34
Figura 20. Gráfica de sobrevivencia de machos — . Rikhter & Efanov (1976), - - Pauly (1980), Hoening (1983) y - - Hewitt y Hoening (2005)— .	37
Figura 21. Gráfica de sobrevivencia de hembras — . Rikhter & Efanov (1976), - - Pauly (1980), Hoening (1983) y - - Hewitt y Hoening (2005)— .	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Generalidades del bonito por región.....	5
Tabla 2. Parámetros de crecimiento del bonito para diferentes regiones.....	6
Tabla 3. Escala macroscópica de madurez (Nikolsky, 1963).....	11
Tabla 4. Valores de las regresiones lineales de D1,D2 y LT vs LF.....	25
Tabla 5. Radios medios de anillos anuales para ambos sexos.....	28
Tabla 6. Clave talla-edad del bonito <i>E. alletteratus</i> en el suroeste del Golfo de México, considerando la edad estimada.....	31
Tabla 7. Parámetros de crecimiento de <i>E. alletteratus</i> en el suroeste del Golfo de México.....	34
Tabla 8. Tasas de crecimiento en mm.....	35
Tabla 9. Mortalidad natural de <i>E. alletteratus</i> en el suroeste del Golfo de México.....	36

1. INTRODUCCIÓN

Euthynnus alletteratus es un pequeño túnido que se distribuye a ambos lados del Atlántico tropical y subtropical, incluyendo el Mar Mediterráneo, Mar Negro el Golfo de México y el Mar Caribe. En México se le conoce comúnmente como bonito, en EUA como little tunny y en el Atlántico Oriental es llamado bacoreta. Es el más costero de los túnidos y se agrupa en cardúmenes segregados por tallas, junto con otras especies de escómbridos (Valeiras & Abad, 2010). Se encuentra en aguas litorales con corrientes rápidas y alrededor de aguas cálidas y en frentes hidrotermales. Su talla máxima reportada es de 100 cm de longitud furcal (LF) en el Mediterráneo y llega a pesar hasta 12 kg. En el suroeste del Golfo de México, se alimenta principalmente de *Anchoa hepsetus*, *Sardinella aurita* y de calamares (Bouchot-Alegría, 2012). En general se ha observado que su desove se limita principalmente a las zonas periféricas y alrededor de las islas (Yoshida, 1979). No se sabe mucho acerca de sus migraciones, pero se cree que es menos migratoria que otras especies de túnidos (Bahou *et. al.*, 2007, Falautano *et. al.*, 2007, Valeiras & Abad, 2010).

En el Golfo de México, *E. alletteratus* es capturado habitualmente por la flota artesanal multiespecífica de las costas de Tabasco, Campeche y Veracruz, dichas capturas se realizan con diversos artes de pesca, tales como redes de cerco, de enmalle, línea de mano y curricán. En estos estados costeros, el recurso bonito no presenta una temporalidad de pesca marcada y no es una especie objetivo principal, pero es relevante socioeconómicamente, ya que es usado como carnada de primera para la pesca de tiburón debido a su alto contenido graso. Además de ser una fuente de alimento localmente importante. En el 2010 el volumen de captura para el Golfo de México reportado fue de 1634 t, donde los principales productores fueron Campeche con 509 t, Tabasco con 507 t y Veracruz con 494 t (CONAPESCA, 2010).

Cuando las poblaciones de una especie están sometidas a explotación pesquera, es necesario conocer su dinámica poblacional, la cual es el resultado de los procesos de: la reproducción, el reclutamiento, el crecimiento individual y poblacional, la determinación de la edad, la mortalidad natural y por pesca, así como la migración. Del balance que exista dentro de estos procesos y su

interacción con las operaciones pesqueras dependerá el tamaño y la estructura de la población de la especie bajo explotación (Russell, 1931, Pereiro, 1982).

La edad y el crecimiento de los peces son procesos estrechamente relacionados. Teóricamente los peces nunca dejan de crecer y se considera que su crecimiento, tanto en longitud como en peso, se aproxima a una asíntota. El crecimiento de la longitud con respecto a la edad se describe normalmente como una curva de tipo exponencial y suele ser acelerado al principio, cuando el pez es muy joven, pero se desacelera notablemente una vez que se aproxima a una longitud máxima; en tanto que el crecimiento en peso describe una trayectoria sigmoidea en las etapas tempranas, es lento y se acelera hasta alcanzar una tasa máxima aproximadamente a 1/3 de su peso máximo (FAO, 1971).

El modelo comúnmente empleado para describir el crecimiento individual en longitud y en peso de los peces es el de von Bertalanffy (1938), este modelo plantea que el crecimiento de los peces es el resultado neto de dos procesos opuestos, el catabolismo y el anabolismo, y considera la talla del cuerpo como una función de la edad. La tasa de crecimiento del *E. alletteratus* es elevada en los primeros 2 o 3 años de vida y se modera a medida que alcanza la talla de primera madurez que puede ser de 35 a 57 cm de LF, dependiendo de la región donde se distribuya el organismo (ICCAT, 2011).

La determinación de la edad y el crecimiento de los recursos pesqueros es esencial para determinar aspectos claves de su dinámica poblacional. Uno de los métodos más usados para determinar la edad en los peces consiste en el análisis de estructuras duras tales como otolitos, espinas y vértebras. Este análisis se basa en la interpretación de las bandas de crecimiento, las cuales son estructuras circulares concéntricas bien definidas que se replican en secuencias progresivas desde el borde anterior hacia la superficie en forma de líneas concéntricas alternadas de tonalidades opacas e hialinas. Su formación y biomineralización depende de factores metabólicos y ambientales, tales como cantidad o calidad de alimento, cambios estacionales de temperatura, salinidad, etc. (Valeiras *et al.*, 2008; Defeo & Valencia, 1994).

En general, los teleósteos tienen períodos de crecimiento rápido (primavera-verano), que corresponde a la banda opaca y períodos de crecimiento lento (otoño-invierno) que corresponde a la banda translúcida (hialina), aunque la intensidad y duración del crecimiento varía con la latitud, principalmente por las fluctuaciones de la temperatura, que determina las oscilaciones estacionales, de la intensidad del crecimiento (Pauly & Munro, 1984; Defeo *et al.*, 1992). Comúnmente el conjunto de una banda opaca y una hialina representan un año de vida del individuo, sin embargo se ha observado que los peces de aguas tropicales y subtropicales pueden presentar más de un par alternado de marcas por año como resultado de períodos de desove y reclutamiento durante casi todo el año (Lowe-McConnell, 1987; Maroñas, 2006), razón por la cual es indispensable validar la temporalidad de las marcas en cada caso.

La citada validación consiste en la confirmación de que la formación de bandas proveen un registro continuo y que su conteo representa un intervalo de tiempo conocido (Cailliet & Goldman, 2004). En los tónidos, la validación de las bandas de crecimiento se ha llevado a cabo por diferentes técnicas, entre las que destacan el análisis de incremento marginal y el análisis mensual del tipo de borde de la estructura dura (Valeiras *et al.*, 2008; Zaboukas & Megalofonou, 2007).

Otro proceso relevante de la dinámica poblacional es la mortalidad natural y por pesca. La intensidad de explotación que un stock puede soportar está determinada en mayor medida por el potencial reproductivo de la población y en menor medida por la mortalidad natural. La tasa de mortalidad natural es difícil de obtener en stocks explotados, pero puede inferirse indirectamente mediante la longevidad (Hoening, 1983), la cual se refiere a la edad a la que el 99% de una cohorte muere si solo es expuesta a mortalidad natural (Alagaraja, 1984).

A la fecha el stock del bonito *E. alletteratus* del Golfo de México no ha sido evaluado debido a que no es una pesquería dirigida, y por lo tanto la información actual es insuficiente. En razón de lo anterior es imprescindible aportar información básica orientada a describir adecuadamente la dinámica poblacional de este recurso en nuestras aguas. En ese contexto el presente estudio contribuirá con las primeras estimaciones de edad, descripción del crecimiento y la determinación de la mortalidad natural de *E. alletteratus* en el suroeste del Golfo de México, las cuales son

elementos indispensables como datos de entrada para modelar los cambios procesos de modelación que nos permitirán determinar los cambios en la población causados por las tasas de explotación (Morales-Nin, 1992) y con ello ajustar medidas para un manejo pesquero adecuado, toda vez que esta especie será objeto creciente de pesca dirigida en los años por venir.

2. ANTECEDENTES

La mayoría de los estudios existentes sobre el bonito *E. alletteratus* se han desarrollado en el Océano Atlántico Oriental y en el Mediterráneo abarcando temas como su madurez sexual, edad, crecimiento, reproducción, fecundidad, mortalidad y pesquería.

2.1 Generalidades del bonito *E. alletteratus*

Se han realizado diversos estudios en diferentes regiones como el Mar Mediterráneo, el Atlántico y el Mar Caribe con el fin de conocer algunas generalidades del bonito como su talla, peso y madurez sexual, estos conocimientos básico han ayudado a conocer la biología de la especie. Las aportaciones de estos estudios se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Generalidades del bonito por región

	Talla	Zona de estudio	Autor
Talla máxima reportada	100 cm LF	Mediterráneo	Valeiras & Abad, 2006
	122 cm LT	Cuba	Claro, 1994
Talla más común	80 cm LT		Cervigón F. <i>et al.</i> , 1992
	56-57 cm LF	Sur de España	Rodríguez-Roda, 1966
Madurez Sexual	40 cm LF	Senegal	Chur, 1973
	42 cm LF	Atlántico tropical	Anon, 2003
	44.8 cm LF (H)	Golfo de Gabes	Hajjej <i>et al.</i> , 2010
	42.8 cm LF (M)		

LF (longitud Furcal), LT (longitud total), H (hembras), M (machos)

2.2 Edad y crecimiento de *E. alletteratus*

Se han realizado varios estudios para determinar la edad del bonito mediante métodos directos (otolitos y espinas) e indirectos (frecuencia de tallas). Los basados en la lectura de anillos de crecimiento en la primera espina de la primera aleta dorsal (Kahraman & Oray, 2001) establecieron 6 grupos de edad del (0+/5+) para el Mar Egeo y 9 grupos de edad (0+/9+) para el Mar Mediterráneo en donde la media de longitud furcal (LF) por grupos de edad fue de 53.87

cm, 61.27 cm, 67.93 cm, 73.92 cm, 79.31 cm, 84.16 cm y de 56.57 cm, 64.53 cm, 671.52 cm, 77.69 cm, 83.12 cm, 87.90 cm, 92.12 cm, 95.83 cm y 99.09 cm respectivamente.

En el Mediterráneo Occidental fueron examinadas 127 secciones de espinas de organismos con un intervalo de talla entre 48 y 84 cm de LF estableciendo 5 grupos de edad, el 77% de los individuos tenían entre 2 y 4 años de edad (Valeiras *et al.*, 2008). Al aplicar el método de la distribución de tallas, encontraron tres valores modales el primero entre 62 y 63 cm, el segundo de 71 cm y el tercero de 75 cm de LF (Macías *et al.*, 2006).

Los parámetros de crecimiento de *E. alletteratus* han sido determinados para las poblaciones de varios lugares en el mundo como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento del bonito para diferentes poblaciones

Zona de estudio	K	L_{∞} (cm)	t_0	Autor
Senegal	0.126	112		Cayré & Diouf, 1983
Tunisia	0.22	111		Hattour, 1984
Este del Atlántico	0.19	115	-1.17	Rodríguez-Roda, 1979
Mar Mediterráneo	0.127	123	-3.84	Kahraman & Oray, 2001
Mar Egeo	0.106	128	-4.18	Kahraman & Oray, 2001
Mediterráneo Occidental	0.39	91.5	-0.4	Valeiras <i>et al.</i> , 2008

Además se ha estimado la tasa de crecimiento en el sur del mar Italiano basada en el análisis de otolitos de juveniles de *E. alletteratus* (18-69 días) en 3.96 mm (Santamaría *et al.*, 2005). Así mismo se ha estimado la longevidad de la especie entre 8 y 10 años en las costas de Senegal y el este del Mediterráneo respectivamente (Cayre & Diouf 1983; Landau 1965).

La mortalidad total de juveniles de bonito ha sido estimada con el modelo de Beverton y Holt en el Mar Egeo y en el Mar Mediterráneo siendo está de 0.44 (Kahraman & Oray, 2001).

2.3 Estudios de *E. alletteratus* en el Golfo de México

Los estudios sobre la dinámica poblacional y la pesquería del bonito *E. alletteratus* en el Golfo de México son escasos y por tanto prácticamente no existe información para evaluar el stock de la especie y tener un manejo adecuado de la misma.

Johnson en 1983 realizó un estudio en el noroeste del Golfo de México y después de analizar 234 espinas y 121 vértebras encontró que ambas estructuras son adecuadas para determinar la edad del bonito *E. alletteratus*, ya que el 90% de las marcas de crecimiento observadas en las espinas también se observaron en las vértebras. A partir de este análisis describió que las bandas translucidas son más evidentes en las secciones de espinas y que las marcas en las espinas aparecen en pares, pero el espacio entre los miembros de la banda mostró variaciones importantes.

Los anillos de crecimiento en otolitos son visibles en larvas de bonito capturadas en el norte del Golfo de México, a partir de 2.5 mm de longitud estándar (LE) que corresponde a 2 días de edad, estas larvas crecen en promedio más de 1 mm por día (Allman & Grimes, 1998). En juveniles y adultos se ha utilizado el método indirecto de frecuencia de tallas, resultando en 9 grupos de edad en Quintana Roo, México (Cabrera *et al.*, 1993).

La reproducción del bonito *E. alletteratus* ha sido objeto de estudio en la costa central de Veracruz, en donde encontraron que el bonito se reproduce a mediados de mayo cuando la temperatura superficial supera los 24 °C y que se extiende hasta mediados de agosto con eventos secuenciales y repetidos de puestas parciales. Su talla de primera madurez es de 35.4 cm para machos y 36.5 cm de LF para hembras (Meiners *et al.*, 2010).

En cuanto a los estudios sobre la mortalidad del bonito *E. alletteratus* se ha sido estimada la tasa diaria de mortalidad natural en el noroeste del Golfo de México siendo esta de 0.95 y 0.75 con edades de 6 y 10 días respectivamente (Allman & Grimes, 1998).

La pesquería del bonito *E. alletteratus* es multiespecífica y tiene menos valor que otras especies. En el puerto Holbox en el Caribe mexicano, se describió la pesca de este recurso a partir de un análisis de datos de 5 años (1983-1987). En esta zona la especie se captura principalmente con red agallera durante la noche en una profundidad entre 5 y 20 m. En los meses de julio y agosto se concentra casi el 40% de los reclutas, y el precio del recurso es muy variado (Cabrera *et al.*, 1993).

De acuerdo con los antecedentes presentados es obvio que existe una necesidad de generar información sobre la población del bonito *Euthynnus alletteratus* en el Golfo de México ya que el conocimiento actual no es suficiente para evaluar el stock de dicha población de ahí la importancia de este estudio, el cual aportara información que complementará los estudios existentes pudiéndose conocer así el status del recurso, esto es esencial ya que la pesquería del bonito se encuentra en su etapa inicial con gran potencial de desarrollo.

3. OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la edad, describir el crecimiento y estimar mortalidad natural del bonito *Euthynnus alletteratus* que se captura en el suroeste del Golfo de México.

3.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Estimar la edad del bonito *E. alletteratus* a partir de la primera espina de la primera aleta dorsal.
- Verificar y validar la periodicidad de la formación de las bandas de crecimiento.
- Estimar los parámetros de crecimiento del bonito por sexos separados.
- Estimar la longevidad del bonito en el suroeste del Golfo de México.
- Estimar la mortalidad natural de *E. alletteratus* mediante cuatro fórmulas empíricas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 OBTENCIÓN DE MUESTRAS

De diciembre del 2009 a agosto del 2011, se realizaron muestreos biológicos mensuales de ejemplares de bonito *E. alletteratus* desembarcados en las localidades de Antón Lizardo y Mata de Uva, pertenecientes al municipio de Alvarado, Veracruz. Las capturas de ambas localidades provienen de un área de pesca amplia comprendida entre La Antigua y Punta Roca Partida, pero principalmente de las inmediaciones y áreas adyacentes al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV).

4.2 PROCESAMIENTO DE EJEMPLARES

Las mediciones y disecciones de los ejemplares se realizaron en el Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP). Para cada ejemplar se registró la longitud furcal (LF) con un ictiómetro y longitud furcal circular (LFC) con una cinta métrica al mm inferior (Fig. 1); el peso vivo (P) y el peso eviscerado (PE) con una báscula de 0.1 g de precisión. El sexo y estadio de madurez gonadal fue determinado macroscópicamente de acuerdo con la escala modificada de Nikolsky, (1963) (Tabla3).

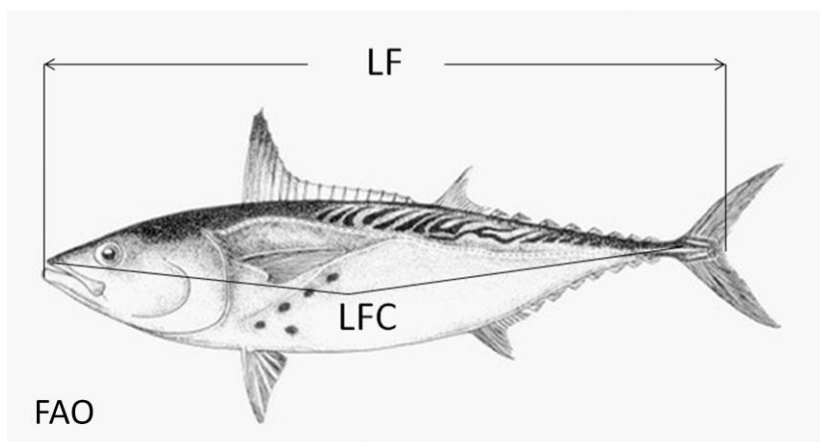


Fig. 1 Medidas de longitud del bonito *Euthynnus alletteratus*: Longitud furcal (LF) y Longitud furcal circular (LFC), modificado de FAO

Tabla 3. Escala macroscópica de madurez modificada (Nikolsky, 1963)

	Machos	Hembras
1. Juvenil	Testículos filiformes	Ovarios de reducido tamaño y traslucidos
2. Maduración	Testículos blanquecinos sin esperma	Ovarios amarillos con ovocitos vitelados
3. Maduración total	Testículos blancos con abundante esperma	Ovarios con ovocitos vitelados traslucidos. Marcada vascularización del ovario
4. Post evacuado	Testículos amarillentos con esperma residual	Ovarios amarillentos o rojizos con ovocitos residuales
5. Reposo	Testículos de poco volumen, amarillentos sin esperma	Ovarios grisáceos con la túnica engrosada

4.3 PROCESAMIENTO DE ESPINAS

Se removió la primera espina de la primera aleta dorsal de cada uno de los ejemplares de la siguiente manera: (a) se desplegó la primera aleta dorsal, (b) se cortó la membrana entre las dos primeras espinas, (c) se hizo hacia adelante y hacia atrás, y (d) se giró la espina sobre sí misma, primero en un sentido y luego en otro, hasta extraerla con todo y su base (Fig. 2). Posteriormente las espinas fueron colocadas en bolsas plásticas, las cuales fueron etiquetadas con la longitud furcal, peso vivo y la fecha de captura, y fueron conservadas a temperatura ambiente.

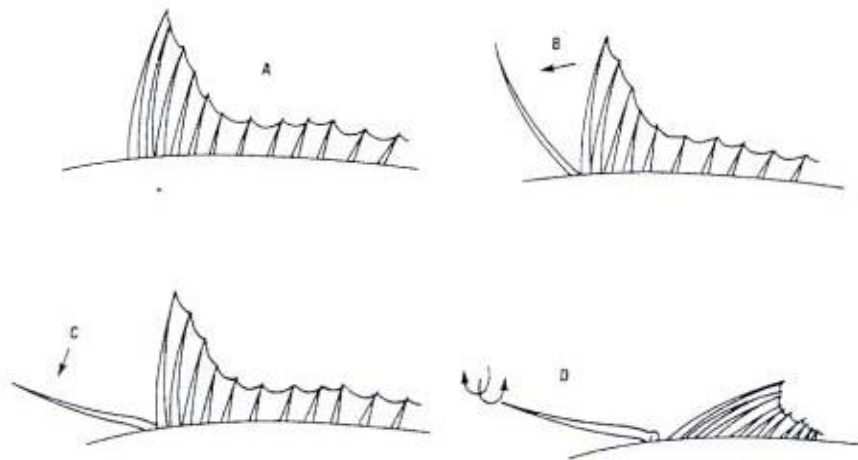


Fig. 2 Extracción de la espina (Compeán-Jiménez, 1980)

Del total de espinas colectadas durante los muestreos se seleccionaron 5 espinas de cada cm de longitud furcal del espectro de tallas muestreadas, técnica conocida como muestreo estratificado de tallas (Ruiz *et. al.*, 2005), las espinas fueron despojadas de su piel sumergiéndolas durante 5 minutos en agua y los restos de la piel se eliminaron con ayuda de un bisturí.

4.4 TÉCNICA APLICADA A LA ESPINA

Se obtuvo una sección transversal cerca de los cóndilos de la espina (ver más adelante). El procedimiento se realizó en el laboratorio de Ecología Pesquera del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y constó de los siguientes pasos: encapsulado de la espina, cortado de las muestras, pulido y montado de las secciones.

4.4.1 Encapsulado de las muestras

Las espinas fueron colocadas en moldes de plástico, para los casos en que el tamaño de la espina excediera el de los moldes se construyeron moldes de yeso. Se preparó la resina epóxica con la adición de 20 partes de endurecedor Ciba-Geigy® por cada 100 de resina, esta fue vaciada en los moldes que contenían las espinas y se dejaron secar por 24 horas a temperatura ambiente (Fig.3).



Fig. 3. Espinas encapsuladas

4.4.2 Cortado de las muestras

Las muestras ya encapsuladas fueron marcadas y seccionadas transversalmente al 20% de su longitud total (Fig. 4) con una cortadora ISOMET™ de baja velocidad con hoja de diamante y una velocidad del disco de 160 rpm marca BUEHLER® (Fig. 5), se obtuvieron dos secciones consecutivas de cada estructura de un milímetro de espesor con el fin de escoger la mejor opción al realizar la lectura.

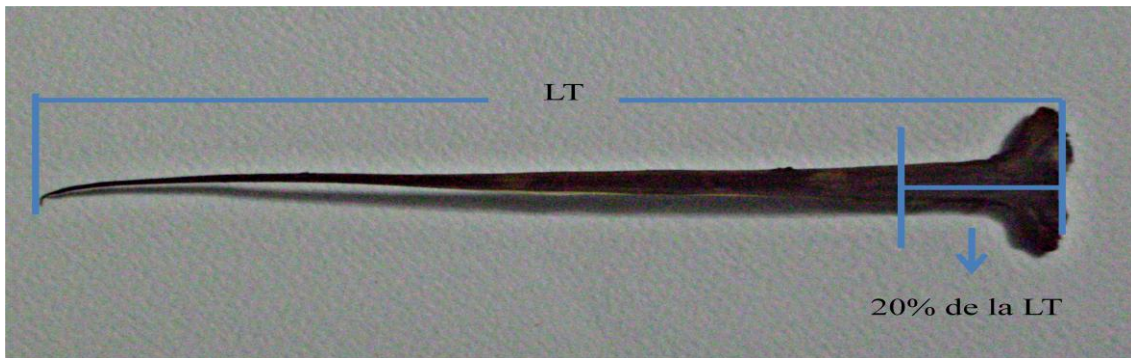


Fig. 4 Medidas de la espina: longitud total (LT) y distancia para obtener el corte (20% de la LT)



Fig. 5 Cortado de espinas

4.4.3 Pulido y montado de las espinas

Se fijaron y pulieron las dos secciones de cada muestra, posteriormente se lavaron con alcohol para eliminar cualquier residuo, después de este proceso los cortes quedaron de un grosor aproximado de 0.8 mm. Las secciones fueron fijadas a un portaobjetos con una gota de resina de montaje de viscosidad media Cytoseal 60, Richard-Allan Scientific®.

4.5 ESTIMACIÓN DE LA EDAD

Se realizaron observaciones de las características de las espinas: foco, banda opaca, banda hialina y borde con un microscopio estereoscópico marca Motic Stereo Zoom SMZ 140/143 con cámara incluida de 3.0 mega pixeles, auxiliándonos del software Motic Plus 2.0 ML para realizar una descripción de la sección de la espina (Fig. 6).

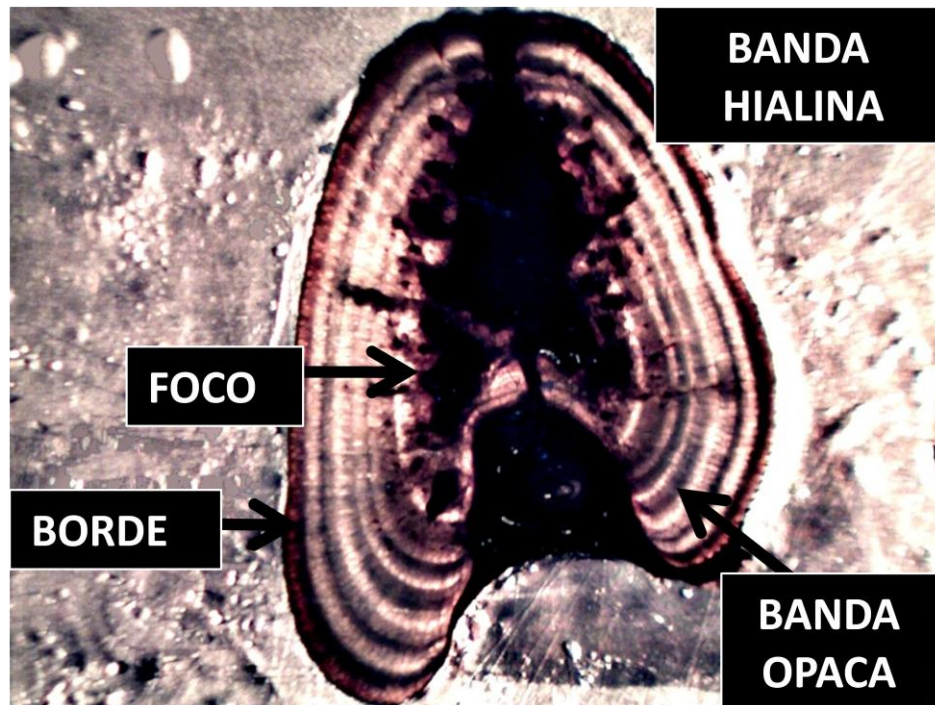


Fig. 6. Características relevantes de la sección de espina, en esta imagen se observan 6 bandas hialinas y 6 opacas.

Se elaboró una base fotográfica de las secciones de espinas y se distribuyó a un lector más. Los lectores contaron e interpretaron las bandas de crecimiento de cada espina en tres ocasiones de forma independiente para cada ejemplar, e hicieron anotaciones del número de bandas opacas, número de bandas hialinas, estimaron la edad y determinaron el tipo de borde pudiendo ser este opaco o hialino. Para minimizar los sesgos, los lectores no conocían la longitud furcal de los organismos.

Para corregir la estimación de la edad por la reabsorción de los primeros anillos debido a la vascularización en el núcleo (Fig. 7) que presentan algunas secciones de espinas, se siguió la técnica descrita por Hill *et al.* (1989), que se basa en la suposición de que existe un número predecible de bandas de crecimiento por milímetro de radio y que las primeras bandas de crecimiento son análogas en edad y coinciden con los radios de los datos recopilados.

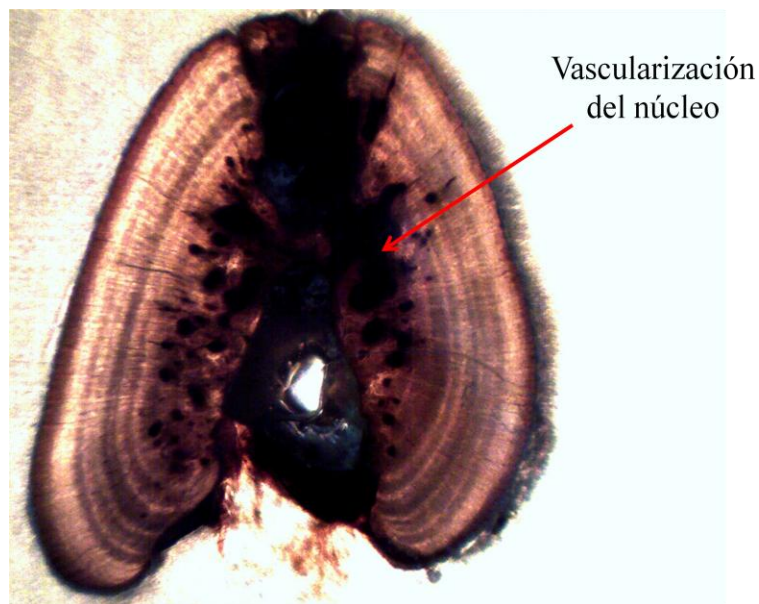


Fig. 7. Espina que presenta vascularización en el núcleo

El primer paso fue determinar cuáles eran las estructuras que presentaban reabsorción, para ello se registraron los radios parciales (R_p), es decir, la distancia del centro del foco al borde externo de cada una de las bandas hialinas en cada sección (Fig. 8).



Fig. 8. Radios parciales (Rp), centro del foco (CF) y radio total (Rt)

En primera instancia se registraron los radios parciales de los primeras tres marcas de crecimiento visibles de los organismos jóvenes, una vez obtenida la media del Rp1, Rp2 y Rp3 y sus intervalos de confianza al 95%, se compararon con los radios parciales de las demás estructuras determinando así las secciones que muestran reabsorción y determinando la media de los radios parciales subsecuentes. La edad estimada fue asignada sumándole a cada edad observada el número de anillos reabsorbidos.

Teniendo las estimaciones de la edad estimada y contando con los datos de las tallas se construyó una clave talla-edad.

4.5.1 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA EDAD

Se empleó el análisis de la caracterización del borde para determinar el período de formación de las bandas de crecimiento en las estructuras duras de *E. alletteratus*. Este análisis consistió en realizar observaciones individuales y determinar si el borde de las secciones de las espinas era opaco o hialino, esto se llevó a cabo con un microscopio estereoscópico marca Motic Stereo

Zoom SMZ 140/143 con cámara incluida de 3.0 mega pixeles, y se graficó el porcentaje de anillos hialinos y anillos opacos contra los meses del período de muestreo.

Una vez conocida la periodicidad de formación de las bandas de crecimiento, se realizó el análisis de incremento marginal (AIM) para conocer el mes donde se inicia la formación del anillo hialino. El incremento marginal se refiere a la región posterior a la última marca identificable en el borde de una estructura esquelética (Lai y Liu, 1979). Para este análisis se utilizaron las medidas del radio total de la espina (R_t), el radio del centro del foco al borde externo del penúltimo anillo hialino completo (R_{n-1}) y el radio del centro del foco al borde externo del último anillo hialino completo (R_n), medidas registradas mediante el software Image Pro Plus versión 6.0. El índice de incremento marginal se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$IIM = \frac{R_t - R_n}{R_n - (R_n - 1)}$$

Donde IIM es Índice del incremento marginal. La determinación de la edad también se ve influenciada por la precisión es por ello que en este estudio fue evaluada mediante tres cálculos estadísticos: el Porcentaje de error promedio, el coeficiente de varianza y el índice de precisión.

4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

4.6.1 La espina como indicador del crecimiento

Se midió el diámetro longitudinal (D1), el diámetro transversal (D2) y la longitud total de la espina (LT) (Fig. 9), y se realizó la regresión lineal de cada una de estas mediciones contra la LF de cada individuo, para determinar la proporcionalidad entre las dimensiones del cuerpo y de la espina y con ello verificar si las espinas reflejan el crecimiento.

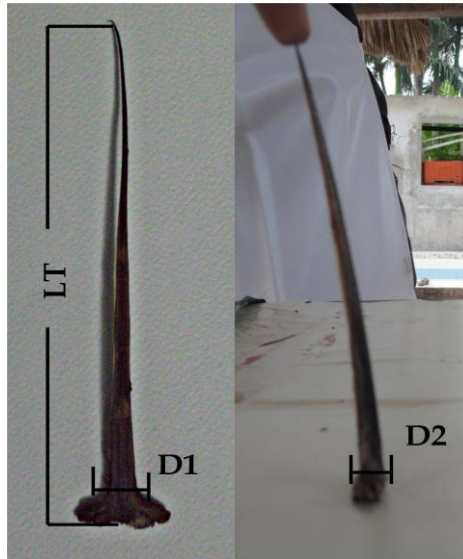


Fig. 9. Dimensiones de la espina: diámetro longitudinal (D1), diámetro transversal (D2) y longitud total de la espina (LT).

4.6.2 Precisión

La precisión se define como la reproducibilidad de la estimación de la edad de un individuo, y se evalúa para medir la variabilidad entre diferentes asignaciones de edad a partir de un mismo ejemplar, ya sea que tal discrepancia se produzca entre distintos momentos de lectura o al examinar distintas estructuras. La precisión de nuestras determinaciones de edad en *E. alletteratus* se analizó comparando las lecturas realizadas mediante el cálculo de tres descriptores estadísticos:

- Porcentaje de error promedio, PEP (Beamish & Fournier,1981):

$$PEP = 100 \times \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right)$$

- coeficiente de variación, CV (Chang, 1982):

$$CV_j = \frac{100}{n} * \sum \frac{sd}{\bar{X}_i}$$

- Índice de precisión, D (Chang,1982):

$$D_j = \frac{CV_j}{\sqrt{R}}$$

donde N es el número de ejemplares, X_{ij} es la determinación de la edad i del pez j , \bar{X}_j es la estimación de la edad media de los peces j y R es el número de veces que ha sido leída la muestra (Chang,1982). El PEP y CV son ampliamente utilizados, sin embargo el que más se usa es el CV debido a que es más robusto para este tipo de estudios. El CV representa una modificación del PEP ya que emplea la raíz cuadrada de la suma de las desviaciones al cuadrado, en lugar de la suma de los valores absolutos (Campana, 2001).

No hay a priori un valor de precisión que pueda ser designado como objetivo para los estudios de edad, debido a que la precisión se ve influenciada por la especie bajo estudio, por la estructura que se estudia y por el lector que la interpreta. De acuerdo con la bibliografía la mayoría de los estudios de edad son llevados a cabo con un PEP de 5.5 % y un CV menor a 7.6% (Campana, 2001).

4.6.3 Estimación del crecimiento

El crecimiento de *E. alletteratus* fue descrito mediante el modelo de von Bertalanffy (1938) ajustando los datos al modelo de máxima verosimilitud (Hilborn & Mangel, 1997) con el logaritmo de Newton (Neter *et al.*, 1996), por medio del cual se realiza la estimación de los parámetros de crecimiento por métodos no lineales y consiste en asignar un valor al conjunto de parámetros tal que los datos observados adquieran máxima probabilidad de haber resultado bajo el modelo asumido.

Este modelo trabaja bajo tres supuestos: distribución normal en términos de error, igualdad de varianza de los errores (homocedasticidad) e independencia de las observaciones. Se describe mediante la siguiente ecuación:

$$-\ln L\left(\frac{\theta}{\text{data}}\right) = \sum_t \left[-\frac{1}{2} \ln(2\pi) \right] - \left[\frac{1}{2} \ln(\sigma^2) - \frac{(\ln L_o - \ln L_c)^2}{2\sigma^2} \right]$$

donde L_o es la longitud observada, L_c es la longitud calculada y la desviación estándar (σ) se define con la siguiente ecuación; donde n representa el número de edades observadas.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n [\ln L_o - \ln L_c]^2}$$

El modelo requiere de una longitud a la edad 0, para este estudio se utilizó 2.5 mm de LF, que es la longitud que alcanza la larva de bonito a los 2 días de eclosionado el huevo en el noroestes del Golfo de México (Allman & Grimes, 1998); y de parámetros semilla de los cuales “ L_∞ ” fue estimada mediante el método de Gulland y Holt (1959), y “ K ” y “ t_0 ” fueron estimados mediante el método de Von Bertalanffy (1938). Este último modelo considera la talla del cuerpo como una función de la edad y fue empleado para construir la curva de crecimiento para hembras, machos y sexos combinados, se describe con la siguiente ecuación:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

donde L_t = longitud a la edad t ; L_∞ = longitud asintótica; k = parámetro de curvatura que determina la rapidez con que el pez alcanza L_∞ ; t = representa la edad de los peces generalmente medida en años; t_0 = llamado parámetro de condición inicial, determina el punto en el tiempo en que el pez hipotéticamente tiene una longitud igual a cero, pero no tiene significado biológico (Sparre & Venema, 1997).

Se realizó una comparación entre las ecuaciones de von Bertalanffy de hembras y machos para determinar si la tasa de crecimiento difiere entre los dos sexos, para ello se empleó el estadístico T^2 de Hotelling (Bernard, 1981), el cual se describe con la siguiente fórmula:

$$T^2 = \frac{N_h N_m}{N_h + N_m} * (Ph - P_m) * S^{-1} (P_h - P_m)$$

donde N indica los tamaños de muestra, P es un vector vertical compuesto por L_∞ , k, y t_0 (parámetros del modelo de crecimiento), S^{-1} es la matriz inversa de varianza-covarianza agrupada, y los subíndices h y m indican hembras y machos respectivamente (Hansen *et al.*, 1991).

El estadístico T^2 considera como hipótesis la igualdad de los vectores de parámetros de crecimiento, esta se rechaza si T^2 calculada es igual o supera el valor crítico de T_0^2 proveniente de la distribución de F y se acepta en caso contrario (Hansen *et al.*, 1991). El valor crítico se calculó con la siguiente fórmula:

$$T_0^2 = 3 \frac{N_h + N_m - 6}{N_h + N_m - 8} F_{\alpha(3, N_h + N_m - 6)}$$

donde F es el percentil de la distribución de Fisher con 3 y $N_1 + N_2 - 6$ grados de libertad.

4.6.5 Longevidad

Una forma de estimar la longevidad a partir de la lectura de espinas es tomar la edad máxima determinada como la longevidad de la especie, sin embargo por lo general se trata de un valor subestimado debido a la dificultad de tener acceso a los individuos de mayores tallas de una población. Por lo tanto se calculará la edad en que los ejemplares teóricamente alcanzaran el 95% de L_∞ (Natanson *et al.*, 2007), resolviendo la ecuación de von Bertalanffy en donde se remplazara LT con $0.95 L_\infty$, quedando de la siguiente manera (Taylor, 1958):

$$Longevidad = \left(\frac{1}{k}\right) \ln \left[\frac{(L_\infty - L_0)}{L_\infty (1 - X)} \right]$$

donde k = coeficiente de crecimiento; L_0 = longitud del organismo en el tiempo t igual a cero y $X = a LF / L_\infty = 0.95$

4.6.4 Mortalidad natural

La mortalidad natural se estimó a partir de los siguientes cuatro modelos empíricos, utilizando los parámetros de crecimiento del apartado anterior:

- a) Modelo de Rikhter & Efanov (1976) se basa en el supuesto de que los peces con una mortalidad natural elevada maduran precozmente y que existe una relación entre la mortalidad natural y la edad de madurez masiva ($Tm_{50\%}$), que es la edad en la que el 50% de la población madura:

$$M = \frac{1.521}{(Tm_{50\%})^{0.720}} - 0.155 \text{ por año}$$

Para obtener la edad de madurez masiva se introdujo la talla de primera madurez a la ecuación inversa de von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1995), esta talla fue de 36.5 cm para hembras y 35.4 cm para machos de LF (Meiners *et al.*, 2010).

$$t(L) = t_0 - \frac{1}{K} \ln \left(1 - \frac{L}{L_\infty} \right)$$

donde L es la talla de primera madurez, y t_0 , L_∞ y K son los parámetros estimados por el modelo de von Bertalanffy.

- b) Modelo de Pauly (1980), indica que los peces pequeños tienen una mortalidad natural alta, las especies de crecimiento rápido tienen una mortalidad natural alta y que mientras más cálida sea el agua más alta será la mortalidad natural.

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \cdot \log L_\infty + 0.6543 \cdot \log K + 0.4634 \cdot \log T$$

Debido a que el bonito *E. alletteratus* se agrupa en cardúmenes la estimación será un 20% menor, por ello se debe corregir el resultado multiplicando por 0.8 (Pauly, 1983):

$$\log M = 0.8 \cdot (-0.0152 - 0.279 \cdot \log L_\infty + 0.6543 \cdot \log K + 0.463 \cdot \log T)$$

donde M es mortalidad natural y T es la temperatura media anual en la superficie, siendo está de 25.54°C obtenida de sensores remotos para el área aproximada de procedencia de los bonitos, mediante la herramienta de visualización y análisis en línea “Giovanni” <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/> (Acker &Leptoukh, 2007).

- c) Modelo de Hoening (1983) relaciona la tasa de mortalidad total (Z) y la máxima edad ($t_{m\acute{a}x.}$). Asumiendo Z igual a M, quedó la siguiente ecuación:

$$\ln (Z) = 1.44-0.982 \ln (t_{m\acute{a}x.})$$

La edad máxima empleada para esta ecuación proviene del apartado de longevidad.

- d) Modelo de Hewitt y Hoening (2005) plantea que la tasa de mortalidad natural puede ser estimada con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{4.22}{t_{max.}}$$

5. RESULTADOS

5.1 Distribución de tallas

Durante el período de investigación se muestrearon un total de 153 individuos de bonito *E. alletteratus*, de los cuales 80 fueron machos con un intervalo de tallas entre 282 y 807 mm de LF (Media 468 mm y DE 130.27 mm) y 70 fueron hembras con un intervalo de tallas entre 247 y 681 mm de LF (Media 456 mm y DE 110.29 mm), para ambos sexos las tallas de mayor frecuencia se encontraron a los 300 mm de LF, representando para machos el 30% y para las hembras el 38% del total de los organismos muestreados y en 3 individuos no fue posible identificar el sexo (Fig. 10).

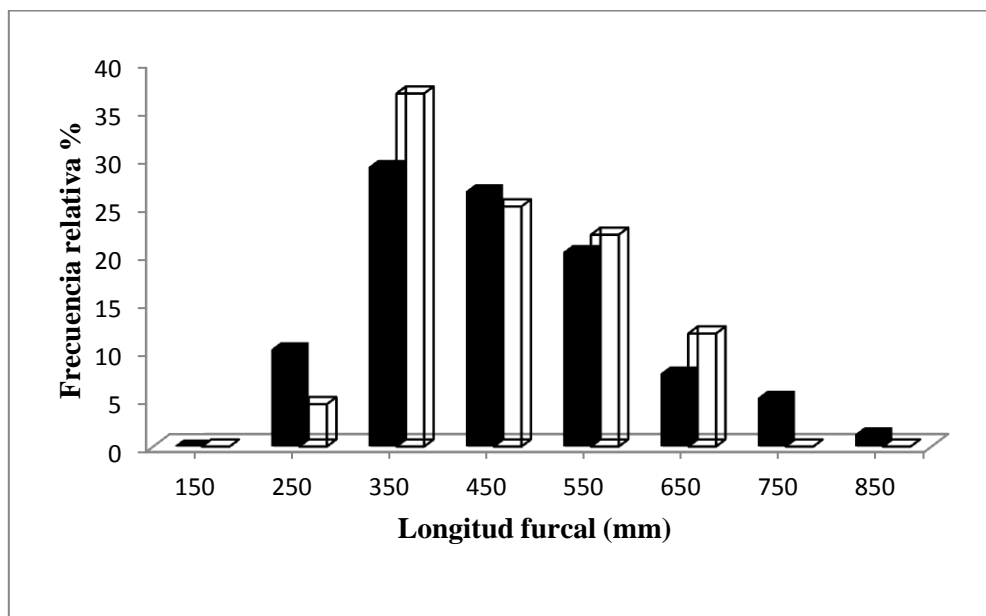


Fig. 10. Distribución de tallas: Machos (n=80) ■ Hembras (n=70) □

5.2 Uso de las espinas en la estimación del crecimiento

Los valores de las diferentes regresiones realizadas se muestran en la tabla 4, donde se puede apreciar que la longitud furcal del *E. alletteratus* explica en un 90% la variabilidad del tamaño de la espina.

Tabla 4. Valores de las regresiones lineales de D1, D2 y LT vs LF

REGRESIÓN LINEAL	ECUACIÓN	r^2	p
D1 vs LF	$D1 = -0.73 + 0.007(LF)$	0.9189	$\ll 0.001$
D2 vs LF	$D2 = -0.52 + 0.008(LF)$	0.9300	$\ll 0.001$
LT vs LF	$LT = -10.19 + 0.164(LF)$	0.9232	$\ll 0.001$

D1: diámetro longitudinal y D2: diámetro transversal

Así mismo se observó una alta correlación positiva ($r = 0.92$; $p < 0.0001$) entre el radio total de la espina y la longitud furcal del individuo, es decir, que a medida que aumenta la longitud furcal aumenta el radio total de la espina (Fig. 11). La ecuación resultante de esta relación fue:

$$R_t = -0.1858 + 0.003LF$$

Por lo anterior se considera que la primera espina de la primera aleta dorsal del bonito crece proporcionalmente con el cuerpo del organismo y refleja el crecimiento de este, por lo que puede ser empleada para describir el crecimiento.

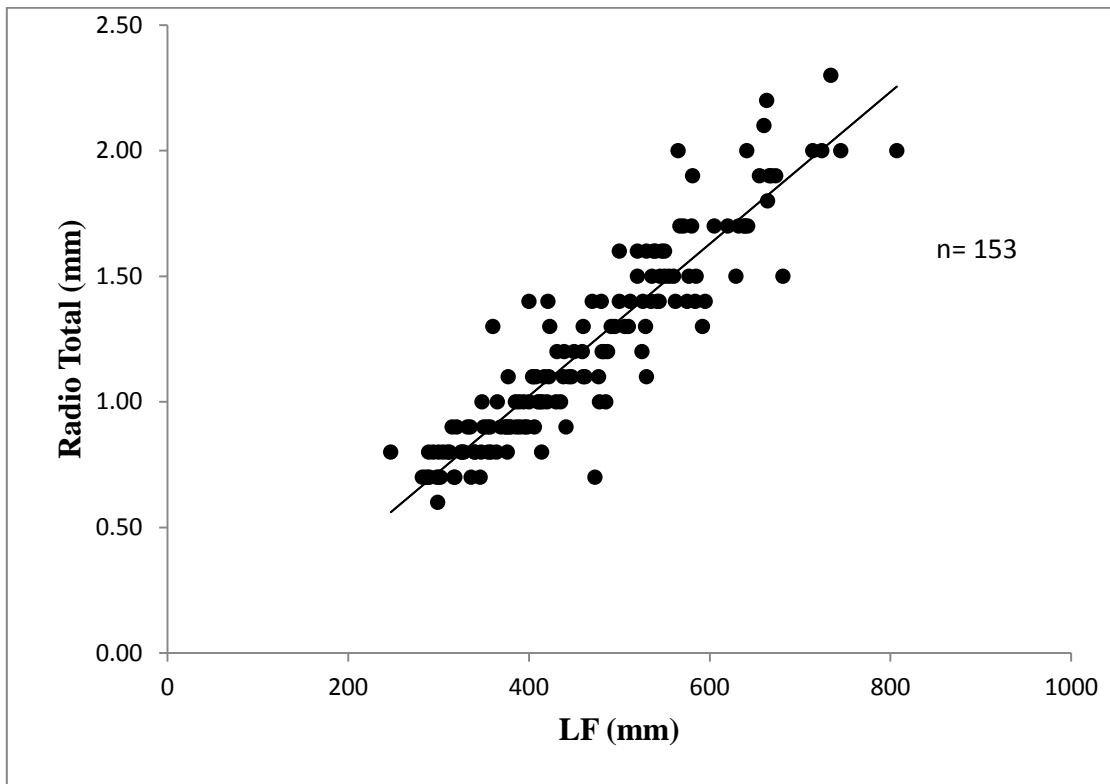


Fig. 11. Relación lineal de la longitud furcal (LF) y radio total de la espina (Rt)

5.3 Determinación de la edad

De los 150 cortes transversales en 137 (91%) se pudieron observar anillos de crecimiento legibles. Como primera aproximación, las lecturas fueron realizadas bajo el supuesto de que en conjunto un anillo opaco y uno hialino constituyen un año de vida del individuo. En algunas estructuras se observó la presencia de bandas dobles opacas que son dos bandas opacas gruesas o finas separados por una banda hialina fina; bandas triples opacas que son tres bandas opacas finas separadas por dos bandas hialinas finas y bandas dobles hialinas, es decir, dos bandas hialinas finas separados por una banda opaca fina, los cuales fueron considerados como una sola banda de crecimiento ya sea opaca o hialina (Fig.12).

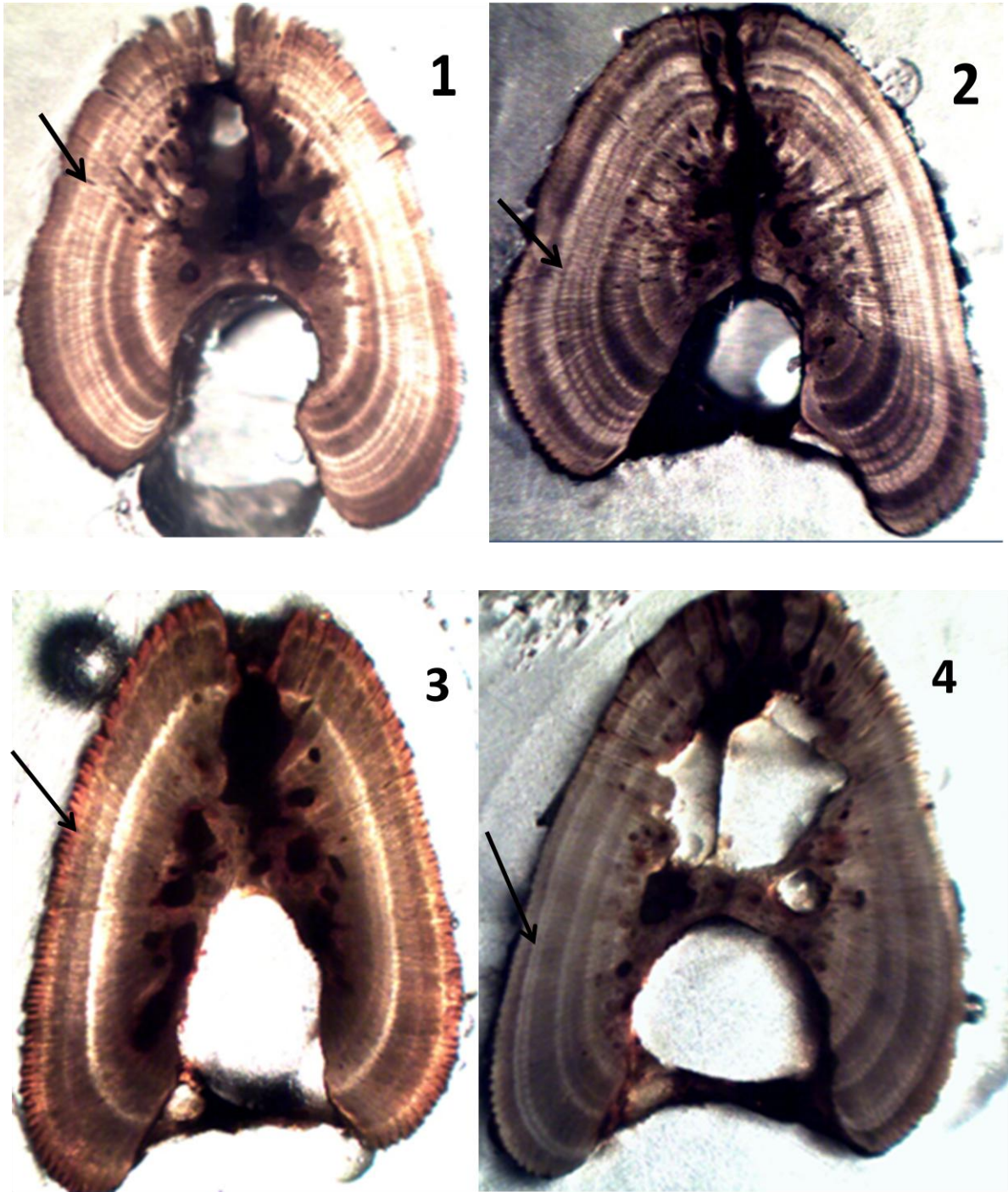


Fig. 12 Banda triple opaca (1), banda doble opaca-fina (2), banda doble opaca-gruesa (3) y banda doble hialina (4).

Se observaron 8 grupos de edad, de 2 a 4 en 2009; 2 a 9 en 2010 y 3 a 4 y 6 a 7 en 2011 (Fig. 13). Los grupos de edad más abundantes (2 a 5) representaron el 73% del total de las muestras, correspondiendo a un intervalo de tallas de 247 a 629 mm de LF. Se determinó que de las 137 espinas legibles 49 presentaron reabsorción de anillos por vascularización: 57% y 43%, las espinas reabsorbieron 1 y 2 anillos respectivamente, esto de acuerdo con los radios parciales obtenidos para cada anillo. La reabsorción se da desde los primeros años de vida, por lo que se les tuvo que estimar la edad aumentando anillos, dependiendo del área vascularizada.

Tabla 5. Radios medios de anillos anuales para ambos sexos

Rp	MEDIA	LI	LS	SE	SD
1	0.558	0.530	0.587	0.014	0.084
2	0.690	0.650	0.730	0.019	0.100
3	0.869	0.819	0.919	0.024	0.127
4	1.054	1.011	1.097	0.020	0.104
5	1.230	1.193	1.267	0.018	0.123
6	1.374	1.331	1.417	0.021	0.109
7	1.493	1.410	1.576	0.038	0.155
8	1.614	1.477	1.751	0.059	0.178
9	1.834	1.596	2.073	0.055	0.096

Rp (radio parcial), LI (límite inferior), LS (límite superior), SE (error estándar) y DS (desviación estándar)

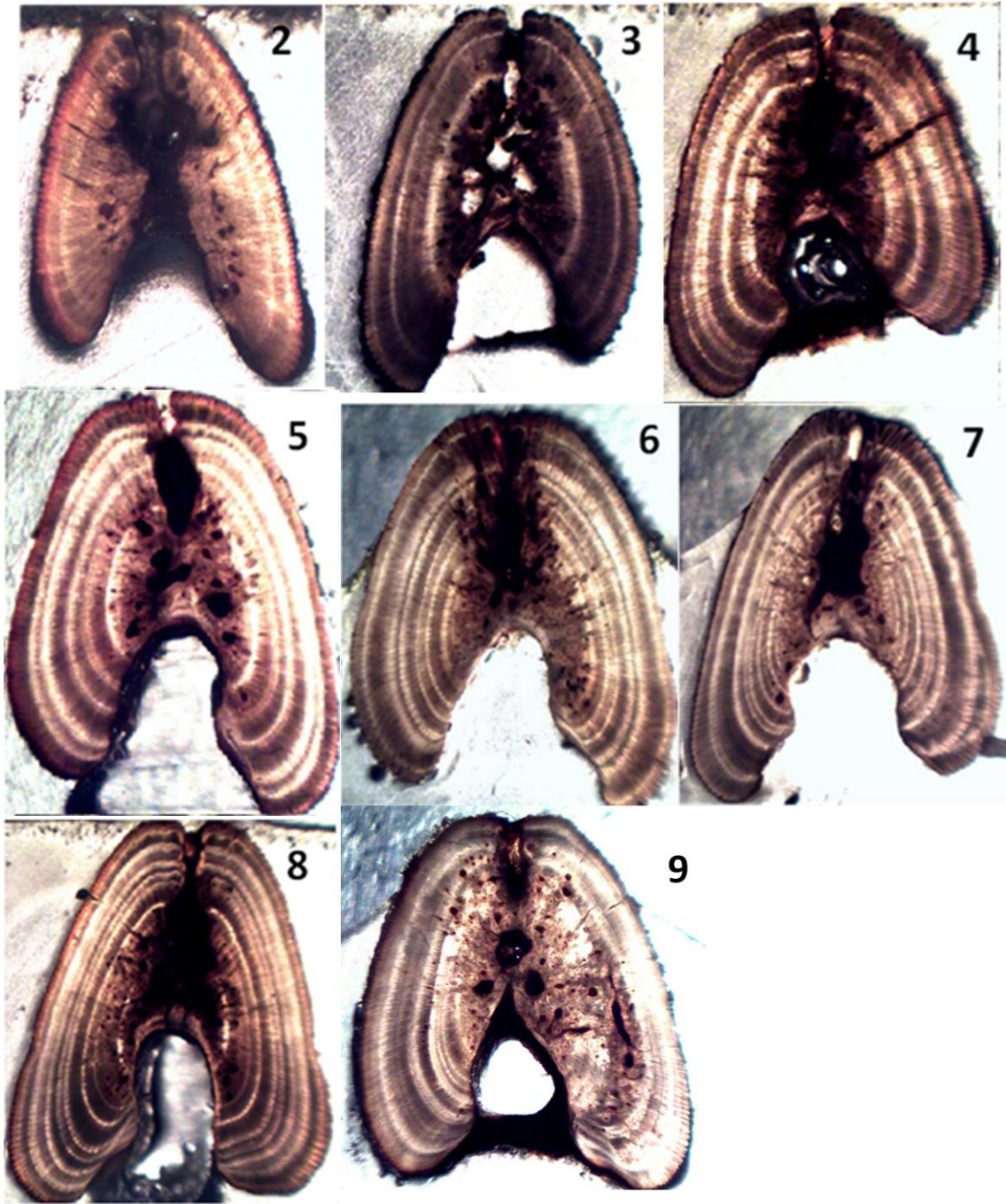


Fig. 13 Grupos de Edad observados, el número corresponde a la edad en años

Producto de la reasignación de grupos de edad por corrección de la vascularización, se encontraron 8 grupos de edad, de 2 a 5 en el 2009, de 2 a 9 en el 2010 y de 3 a 5, 7 y 9 en el 2011. Los más abundantes (2 a 5) representaron el 75% del total de las muestras, cuyo intervalo de tallas fue de 247 a 629 mm de LF. Las edades observadas inicialmente y las edades corregidas en adelante “edades estimadas”, se muestran en la Figura 14. La clave talla-edad construida a partir de las edades estimadas y las tallas se muestran en la tabla 6.

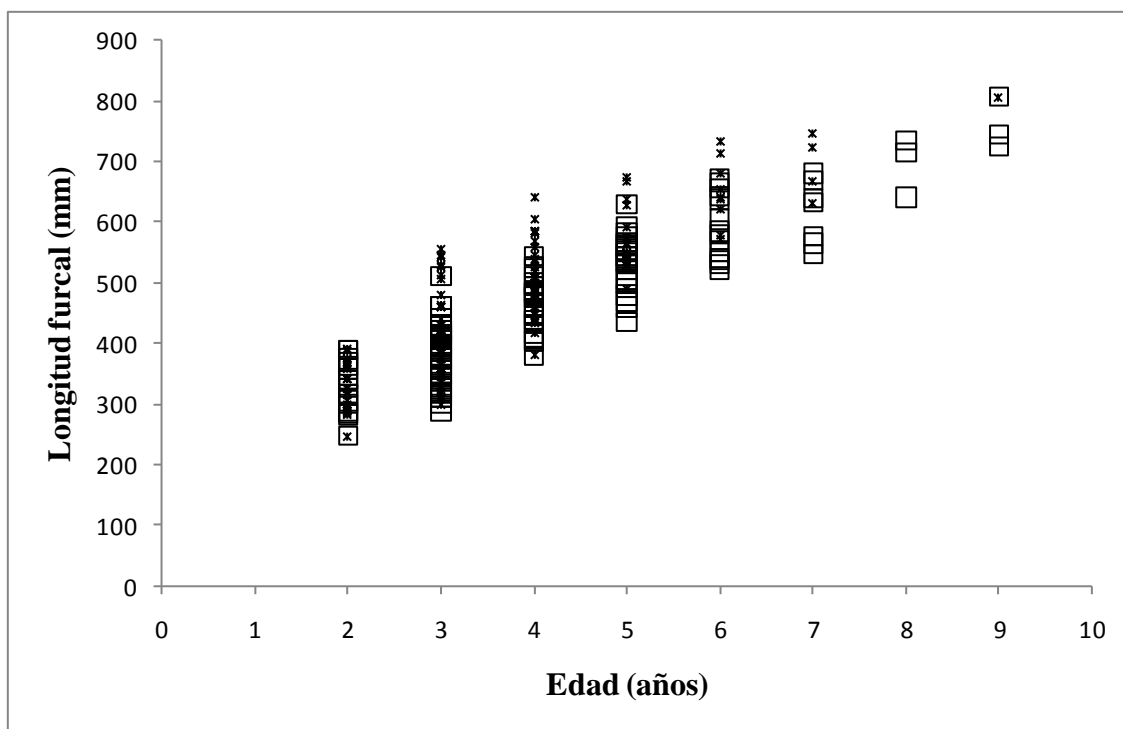


Fig. 14. Edad observada * y estimada □ del bonito *E. alletteratus*

Tabla 6. Clave talla-edad del bonito *E. alletteratus* en el suroeste del Golfo de México, considerando la edad estimada.

Grupo de tallas (mm)	Grupo de edad 2	Grupo de edad 3	Grupo de edad 4	Grupo de edad 5	Grupo de edad 6	Grupo de edad 7	Grupo de edad 8	Grupo de edad 9
100-200								
200-300	5	1						
300-400	12	24	1					
400-500		13	18	6				
500-600			3	15	8	3		
600-700				1	5	4	1	
700-800							2	2
800-900								1
n	17	38	22	22	13	7	3	3

5.4 Periodicidad de formación de las marcas de crecimiento

Se observó mayor presencia de bordes hialinos entre los meses de noviembre y diciembre (>50%) y menor en enero, en contraste los bordes opacos tuvieron mayor presencia entre abril y mayo (100%). Se corroboró que solo existe un máximo para cada tipo de borde, lo que nos indica que la periodicidad de formación de las bandas de crecimiento es anual (Fig. 15).

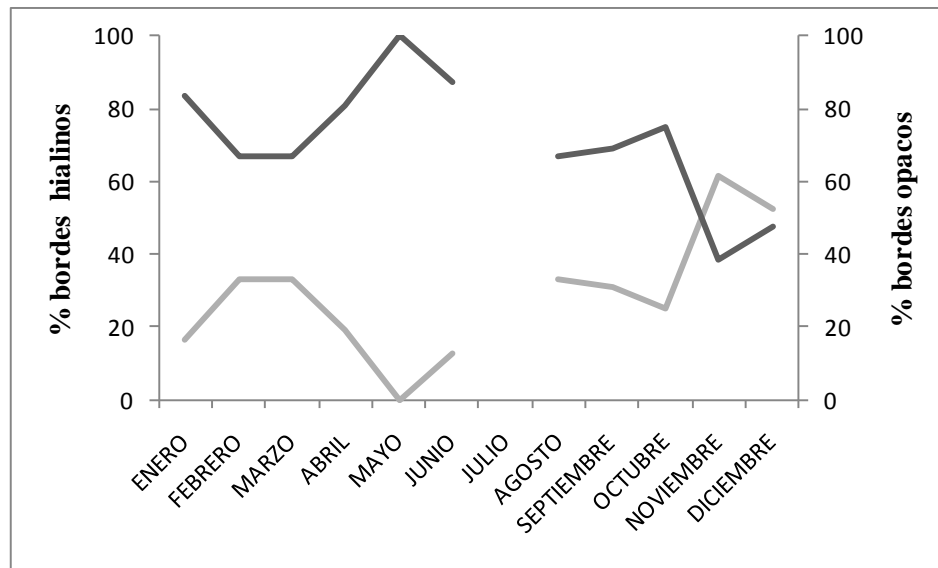


Fig. 15. Año tipo de porcentaje mensual de bordes hialinos (gris) y opacos (negro)

El menor incremento marginal (IM) se registró en los meses de agosto, indicando el inicio de la formación del anillo hialino. Esta información complementa lo obtenido en el análisis del tipo de borde (Fig. 16).

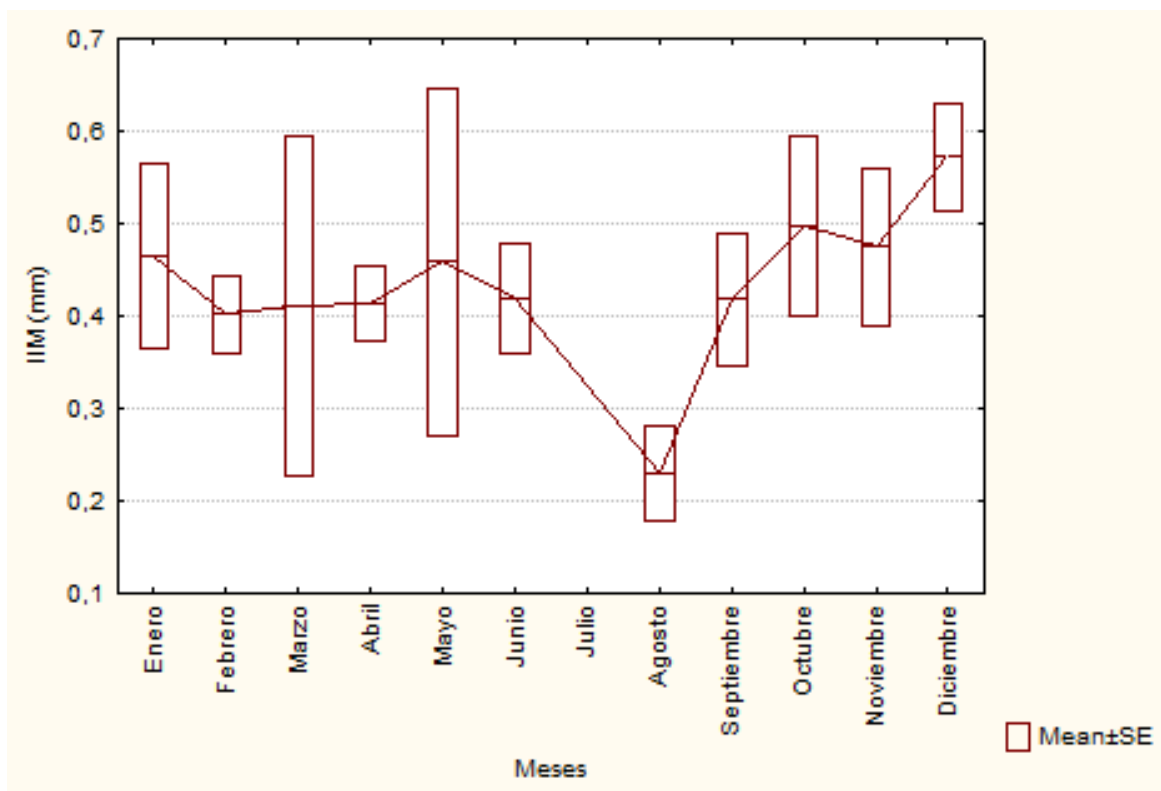


Fig. 16. Análisis mensual del índice de incremento marginal (IIM) de un año tipo

5.5 PRECISIÓN

Se estimó el Porcentaje de error promedio, PEP (Beamish & Fournier, 1981) para ambos lectores siendo este de 2.32% para el lector 1 y de 1.71% para el lector 2, mostrando que la determinación de la edad fue consistente y las lecturas reproducibles debido a que los valores de APE estuvieron por debajo del máximo aceptado para este tipo de estudios (5.5 %).

Los valores obtenidos de la determinación de los coeficientes de variación (CV) por grupo de edad para cada lector se muestran en la Figura 17, donde se observó un incremento en la

dispersión en las lecturas de edad 2 y 8, lo que indica que es más difícil determinar la edad en organismos jóvenes y en los más viejos.

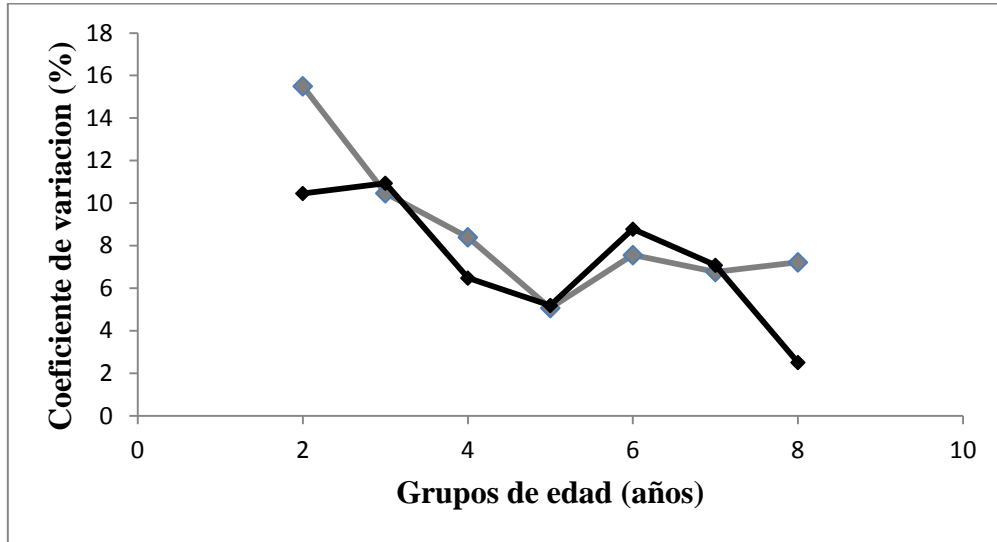


Fig. 17 Coeficiente de variación por grupo de edad. Lector 1 — y lector 2 —

Los índices de precisión obtenidos por grupo de edad para cada lector se muestran en la figura 18 y se observó el mismo patrón que en el coeficiente de variación, aunque más marcado en el grupo 8.

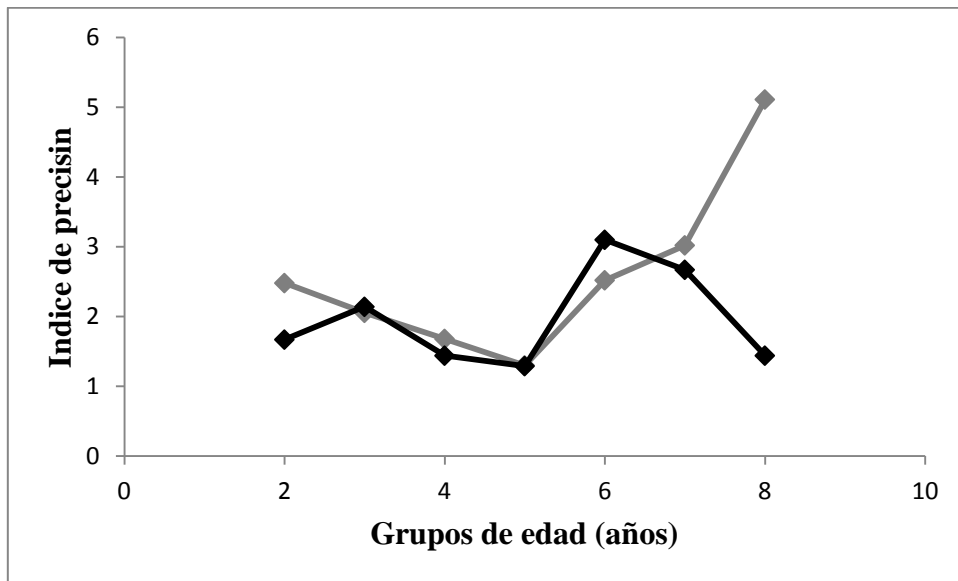


Fig. 18. Índice de precisión por grupo de edad. Lector 1 — y lector 2 —

5.6 CRECIMIENTO

A continuación se muestran los parámetros de crecimiento estimados para hembras, machos y ambos sexos.

Tabla 7. Parámetros de crecimiento de *E. alletteratus* en el suroeste del Golfo de México

	MACHOS	HEMBRAS	AMBOS SEXOS
L_{∞} (mm)	839.17	781.9	839.16
K (año ⁻¹)	-0.2	-0.234	-0.206
t_0 (año)	-0.152	-0.139	-0.147

Las curvas de crecimiento de machos y hembras (Fig. 19) muestran crecimientos similares, sin embargo difieren significativamente ($T_0^2 = 8.20$, $df1=3$, $df2=133$, $p = <<0.001$).

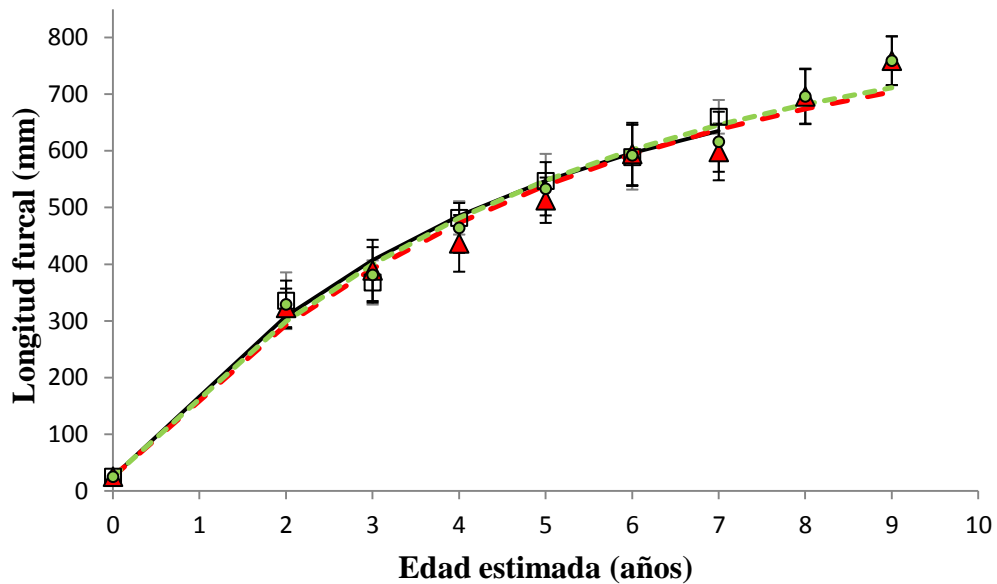


Fig. 19 Curvas de crecimiento: hembras —, machos - - y ambos sexos - - - promedios observados por edad: hembras □, machos ▲ y ambos sexos ●

La tasa de crecimiento más acelerada se registró durante el primer año de vida y fue superior para las hembras (158 mm/año) que para los machos (147 mm/año), en el segundo año la tasa de crecimiento de las hembras fue un 4% mayor que la de los machos, y a partir del cuarto año las

tasas de crecimiento fueron mayores para los machos que para las hembras. Conforme aumenta la edad las tasas de crecimiento van decreciendo para ambos sexos (Tabla 8).

Tabla 8. Tasas de crecimiento en mm*año⁻¹

EDAD	HEMBRAS	MACHOS	DIFERENCIA
0	158	147	11
1	125	121	4
2	99	99	0
3	78	81	-3
4	62	66	-4
5	49	54	-5
6	39	44	-6
7	31	36	-5
8	24	30	-6
9	19	25	-6

5.7 LONGEVIDAD

Se observaron diferencias por sexos en las edades máximas determinadas, ya que para las primeras se estimó en 13 años y para los machos en 15 años, derivados de los parámetros de crecimiento.

5.7 MORTALIDAD NATURAL

Las tasas de mortalidad natural (Tabla 9) variaron de 0.28 a 0.63, las tasas más altas para ambos sexos fueron obtenidas con la fórmula empírica de Rikhter & Efanov (1976) que utiliza como base los parámetros de crecimiento, estas tasas son aproximadamente un 50% mayores a las obtenidas con la fórmula de Hewitt & Hoening (2005).

Tabla 9. Mortalidad natural de *E. alletteratus* en el suroeste del Golfo de México

M (año⁻¹)	Hembras	Machos
Rikhter & Efanov (1976)	0.63	0.605
Pauly (1980)	0.441	0.477
Hoening (1983)	0.508	0.535
Hewitt y Hoening (2005)	0.324	0.281

Para representar de una mejor manera las tasas de mortalidad natural obtenidas, se crearon los siguientes gráficos (Fig.20 y 21) por sexos separados suponiendo que la abundancia inicial es de 100 000 individuos, se observó que con las tasas estimadas con las fórmulas empíricas de Rickhter & Efanov (1976), Pauly (1980) y Hoening (2005) al pasar el primer año se pierden entre un 38 y un 46 % de los individuos machos y en el caso de las hembras entre un 40 y 47%, para el tercer año la cohorte se reduce en un 95% con estos tres métodos, y a partir del quinto año las curvas se sobrelapan en su totalidad. De los métodos empleados para estimar las tasas de mortalidad, el de Hewitt y Hoening (2005) es el más conservador para ambos sexos, ya que al pasar el primer año se pierde el 25% de los individuos, y en el tercer año entre el 40 y el 50%.

Sin embargo se observa que al pasar seis años, con cualquiera de los cuatro métodos empleados el tamaño de la cohorte inicial se redujo en un 99% aproximadamente.

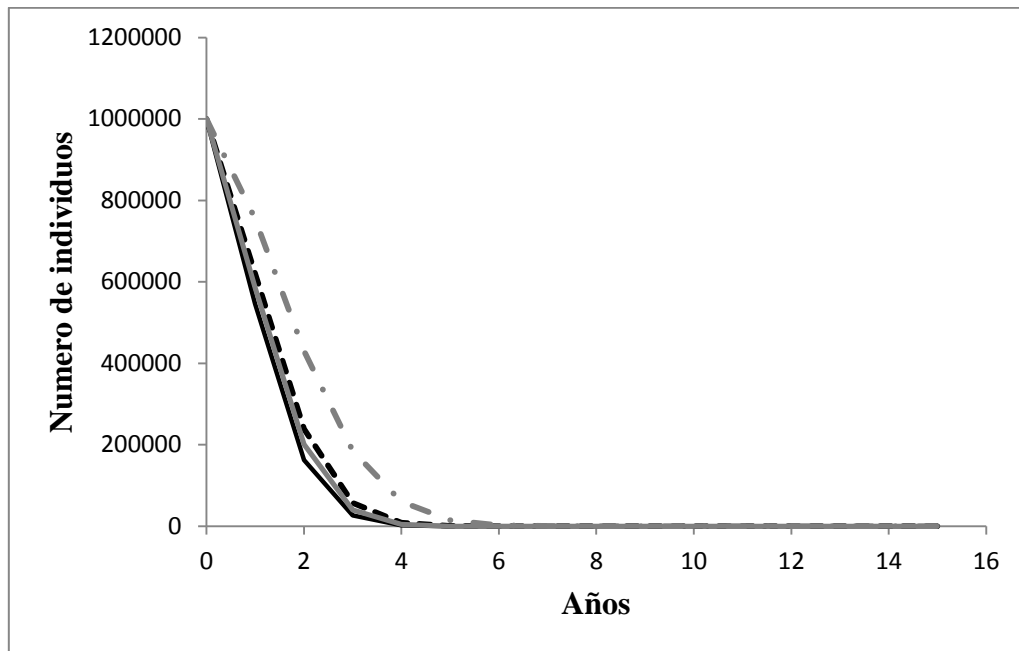


Fig. 20. Gráfica de sobrevivencia de machos — Rikhter & Efanov (1976), — Pauly (1980), Hoening (1983) y — Hewitt y Hoening (2005) — .

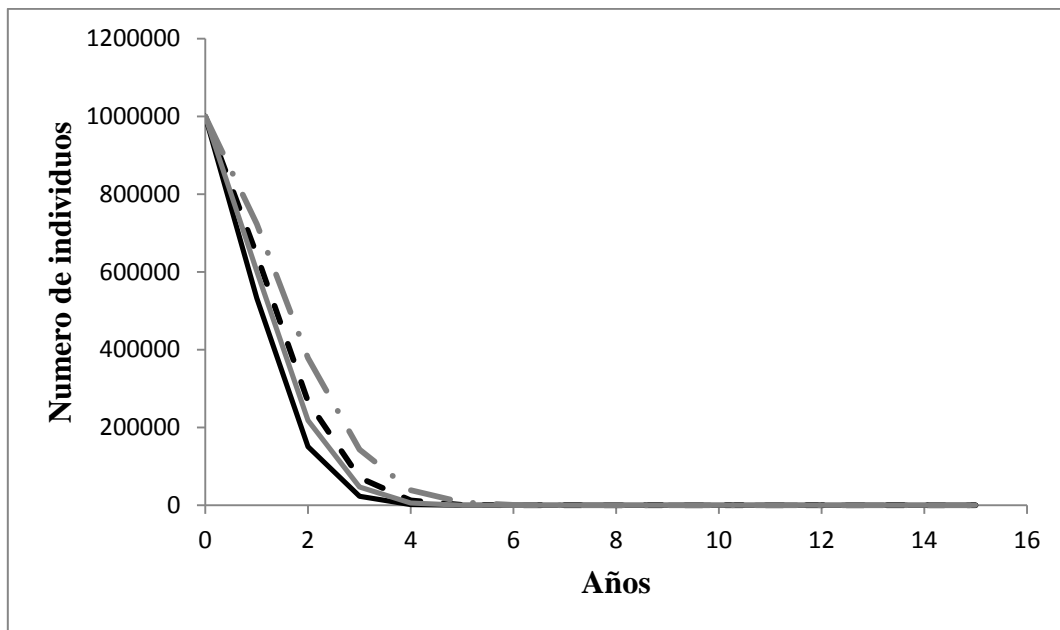


Fig. 21. Gráfica de sobrevivencia de hembras — Rikhter & Efanov (1976), — Pauly (1980), Hoening (1983) y — Hewitt y Hoening (2005) — .

5.8 DISCUSIÓN

La edad, el crecimiento y la mortalidad son factores de la dinámica poblacional del bonito *Euthynnus alletteratus* que no habían sido evaluados en el suroeste del Golfo de México. La estimación de estos factores es fundamental para diseñar medidas de regulación para el recurso, sobre todo en este momento donde aún no es una especie objetivo primaria sometida a una fuerte explotación pesquera.

Cuando se concibió el proyecto, se pensaba que la ocurrencia de los organismos de *E. alletteratus* estarían restringida a algunos meses del año, debido a que Valeiras & Abad (2010) consideran que el bonito es una especie eminentemente migratoria, sin embargo, en el suroeste del Golfo de México estuvo disponible todo el año, no obstante que su abundancia varió a lo largo del año.

La representatividad de las tallas es de importancia capital en estudios de crecimiento. Los organismos provinieron de las capturas realizadas por la flota artesanal, la cual emplea múltiples artes de pesca tales como: redes de enmalle con diferente luz de malla, cercos activos, curricán y anzuelo, aunado a que el *E. alletteratus* tiende a agruparse en cardúmenes segregados por tallas (Valeiras & Abad, 2010), esto permitió que la talla mínima de este estudio fuese la más pequeña registrada en los diferentes estudios de crecimiento revisados (sin considerar las larvas y postlarvas) (Johnson, 1983; Cabrera *et. al.*, 1993; Kahraman & Oray, 2001; Valeiras *et al.*, 2008, entre otros) y en cuanto a la talla máxima observada, correspondió a la más grande en el Golfo de México hasta el momento para estudios de crecimiento. Esto indica, sin lugar a dudas, que el intervalo de tallas utilizado en este trabajo fue suficientemente amplio y apropiado para llevar a cabo determinaciones de edad y crecimiento.

La edad fue el primer factor determinado en este estudio, ya que la estructura de edades es esencial para la estimación adecuada de los parámetros de crecimiento y las tasas de mortalidad natural. La edad puede estimarse a partir de métodos indirectos (progresión modal de tallas) o de métodos directos (estructuras duras) como es el caso de este estudio. Para el *E. alletteratus* se han empleado vertebras y espinas, Johnson (1983) señala que cualquiera de estas dos estructuras es adecuada para la determinación de la edad, debido a que en ambas se observan claramente las

bandas de crecimiento. En este estudio se empleó la primera espina de la primera aleta dorsal debido a que la Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico (ICCAT, por sus siglas en inglés) la recomienda, ya que es una estructura fácil de coleccionar y que puede ser extraída sin afectar el valor comercial del producto, además el uso de esta estructura permite la comparación con otras estimaciones.

La primera espina de la primera aleta dorsal es una estructura confiable para la determinación de la edad y el crecimiento del *E. alletteratus*, debido a que se corroboró la proporcionalidad lineal ($r^2 = 0.92$; $p < 0.01$) entre la longitud furcal del pez y las dimensiones de la espina. Esto concuerda con lo reportado para la misma especie en el noroeste del Golfo de México (Johnson, 1983) y en diferentes regiones del mundo tales como, el Mediterráneo occidental por Rodríguez-Roda (1979); el noroccidente africano por Cayre & Diouf (1981); en el Mediterráneo oriental por Kahraman & Oray (2001) y en el Mar Egeo y el Mar Mediterráneo por Valeiras *et al.* (2008).

En ausencia de un protocolo específico para procesar las espinas del *E. alletteratus* se utilizó el protocolo de estructuras esqueléticas de atún blanco del Atlántico Norte, *Thunnus alalunga* (Ortiz de Zarate, *et al.*, 2007) y el manual de extracción y lectura de radios espinosos de atún rojo *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) editado por el Instituto Español de Oceanografía. En dicho manual no se especifica la longitud a la que debe realizarse el corte transversal, pero se indica que éste debe tener un grosor de entre 0.5 y 0.7 mm, lo cual coincide con lo expuesto por Ortiz de Zarate *et al.* (2007). En este estudio se determinó que el corte de la espina debe realizarse al 20% de la longitud total y que el grosor óptimo para precisar claramente los anillos del *E. alletteratus* es de 0.8 mm.

Se observaron claramente tanto bandas opacas como hialinas, las cuales pueden ser típicas, dobles opacas, triples opacas y dobles hialinas, esto ya había sido observado en atún rojo y mencionado en el manual de extracción y lectura de radios espinosos de atún rojo *Thunnus thynnus*, Linnaeus, 1758 (IEO). Las bandas son el reflejo de las condiciones ambientales, el ancho de estas probablemente obedece a las variaciones ambientales que prevalecen donde habita el organismo (temperatura, salinidad, profundidad, oxígeno, etc.), la cantidad y calidad del alimento, así como las condiciones fisiológicas del individuo en que se inicie el estudio, esto de

acuerdo con Gregor-Cailliet (1986), Natanson, (1993) y Maroñas (2006). Las bandas opacas fueron generalmente más anchas que las bandas hialinas y conforme nos acercamos a la periferia el ancho de las bandas disminuyó, esto también fue observado por Hill *et al.* (1989).

Algunos autores como Leonce-Valencia & Defeo (1992) y Lowe-McConnell (1987) consideran que la determinación de la edad en peces tropicales es imprecisa debido a una marcada sobreposición de las clases de edad, producto de períodos de desove y reclutamiento durante casi todo el año, por lo que las estructuras pueden presentar varias marcas por año. Sin embargo en este caso el período de muestreo permitió la validación de la periodicidad de formación de los anillos anuales de crecimiento y con ello es posible afirmar que para el *E. alletteratus* la conjugación de una banda opaca y una hialina, constituye un anillo de crecimiento anual del individuo, si no se realizara la validación de la periodicidad y resultara, por ejemplo, que son dos pares de bandas por año, se sobrestimaría en un 50% el crecimiento del individuo.

La precisión y reproducibilidad de las determinaciones de edad es un componente crítico en estos estudios. Éstas se evaluaron mediante diferentes métodos para facilitar el contraste con otros estudios, debido a que Calliet *et al.* (2006) sugirió que el uso combinado de varios métodos para evaluar la precisión de las estimaciones, es mejor que utilizar uno solo, ya que si los resultados por diferentes métodos son similares, entonces las conclusiones tienen mayor certeza. El porcentaje de error promedio (PEP) entre lectores, arrojó valores por debajo de 5.5% que es el porcentaje máximo aceptado para estudios de crecimiento (Campana, 2001) y el coeficiente de variación (CV) por grupo de edad, mostró que el lector 1 fue más preciso para determinar la edad de los grupos de los extremos que el lector 2. Los valores aquí obtenidos de CV fluctuaron entre 2.5 y 15.5%, los cuales se encuentran dentro del intervalo establecido para este tipo de estudios que va de 0 a 28% (Campana, 2001). Todo lo anterior permite afirmar que las lecturas del presente trabajo son reproducibles, confiables y suficientemente precisas.

Es común observar vascularización en la parte central de la espina a medida que aumenta el tamaño del organismo, y por ende ocurre frecuentemente reabsorción del primer anillo de crecimiento, lo cual ha sido observado por diferentes autores en otras especies de peces sin importar su ecoetología, tales como el bagre rayado *Pseudoplatystoma orinocoense* (Gonzales *et*

al., 2010), el pez espada *Xiphias gladius* (Tserpes & Tsimenides, 1995), la mielga *Squalus acanthias* (Kaganovskaia, 1933) y por supuesto el bonito *E. alletteratus* (Valeiras *et al.*, 2008).

La reabsorción de los anillos supone un problema para la determinación de la edad ya que de no considerarla se subestimaría la edad. Varios autores mencionan que la reabsorción de los últimos anillos formados se da en los últimos grupos de edad, sin embargo, en este estudio se observó que la reabsorción de los anillos ocurrió con mayor frecuencia en organismos jóvenes y adultos pequeños (2 y 5 años de edad), razón por la cual aquellos organismos con edad observada de 2 años, en realidad tenían 3 o 4 años, lo que significó que la determinación de la edad puede aumentar entre un 50 y un 100%.

Con el ajuste antes mencionado, se obtuvieron 8 grupos de edad con una máxima de 9 años, igual que la encontrada en las edades observadas, esta coincidencia se debe a que la reabsorción de anillos producto de la vascularización, ocurre en los primeros años de vida, por lo tanto solo se ajustaron a la alza, las edades de los organismos jóvenes. Esta edad máxima fue coincidente a la registrada por Cabrera *et al.*, (1993) en el noroeste del banco de Campeche y aproximadamente un 30% mayor a la observada en algunas regiones como las costas de Senegal por Cayre & Diouf (1983), el Mediterráneo Occidental por Valeiras *et al.*, 2008 y el Mar Egeo por Kahraman & Oray (2001), es posible que las diferencias encontradas se deban, por lo menos en parte, a factores antropogénicos, asociados con el esfuerzo pesquero diferenciado que se ejerce en aquellos lugares.

La estructura de edades mostró ausencia del primer grupo de edad, muy probablemente porque pertenecen a tallas no reclutadas a las artes de pesca y/o las áreas de pesca. Por tal motivo al determinar el crecimiento se empleó la longitud de la larva más pequeña reportada en la literatura como $t = 0$, con la finalidad de anclar el origen de la curva de crecimiento y con ello maximizar la representatividad de la curva de crecimiento y minimizar la sobrestimación de t_0 tal y como lo sugiere Prince *et al.* (1987). Los parámetros finales estimados fueron para hembras: $L_{\infty} = 781.9$ mm, $k = -0.234 \text{ año}^{-1}$ y $t_0 = -0.139$ año, para machos: $L_{\infty} = 839.17$ mm, $k = -0.2 \text{ año}^{-1}$ y $t_0 = -0.152$ año y para ambos sexos: $L_{\infty} = 839.16$ mm, $k = -0.206 \text{ año}^{-1}$ y $t_0 = -0.147$ año). Las curvas de crecimiento mostraron que tanto las hembras como los machos alcanzan en los primero cuatro

años de vida un poco más del 50% de su longitud infinita, lo que nos indica un crecimiento acelerado en las primeras etapas de vida que va disminuyendo paulatinamente. Y debido a sus tasas de crecimiento las hembras alcanzan su L_{∞} en menor tiempo que los machos.

Para el contraste con otros estudios sobre el crecimiento de esta especie se utilizaron los parámetros de sexos combinados. El coeficiente k (0.206 año^{-1}), se encuentran dentro del intervalo de los valores estimados para el *E. alletteratus* en otros estudios, que varía entre 0.106 a 0.39 año^{-1} , el coeficiente k de este estudio es un 49% mayor al valor de k más pequeño reportado (Mar Egeo), y 48 % menor al registrado para el Mediterráneo Occidental. Mientras que el valor de L_{∞} se sitúa casi un 35% por debajo del intervalo de otras regiones 91.5 a 112 cm LF . La conjugación de los parámetros obtenidos en este estudio indican que la población de *E. alletteratus* del suroeste del Golfo de México alcanza menores tallas que las poblaciones del margen oriental del Atlántico.

Las diferencias en los parámetros estimados podrían deberse a una de las características principales del crecimiento, su plasticidad, la cual permite que poblaciones de la misma especie en diferentes áreas geográficas presenten diferencias en su crecimiento (Maroñas, 2006). Las diferencias en las áreas geográficas que marcan el crecimiento de los peces de acuerdo con Yamaguchi *et al.* (1999) son la disponibilidad de alimento, la densidad poblacional y la temperatura del agua. Tomando en cuenta lo anterior, las costas de Senegal ofrecen una mayor disponibilidad y calidad de alimento debido a los constantes afloramientos inducidos por el viento del sistema de la Corriente de las Canarias que favorecen, enormemente la producción primaria y sitúa a este sistema como uno de los cuatro más productivos del planeta, de forma análoga, el Mediterráneo occidental posee también afloramientos estacionales asociados al giro de Alborán y un intercambio de masas de agua con el Atlántico que favorece el suministro de nutrientes (Díaz, 2009), en contraste el Golfo de México no es un sistema que se caracterice por tener afloramientos importantes, salvo el que ocurre en la plataforma de Yucatán y los frentes estacionales productivos asociados al giro de Campeche, que aunque importantes, no soportan la misma productividad que los mencionados anteriormente.

Para elucidar si se trata de diferencias ciertas entre las talla de las poblaciones de *E. alletteratus* de ambos lados del Atlántico, es importante puntualizar que no obstante las diferencias evidentes, en ambos lados del Atlántico la primera madurez ocurre durante el segundo año de vida, es decir, existe concordancia temporal de uno de los proceso poblacionales más importantes, la edad de primera reproducción, lo cual sugiere que la diferencia principal estriba en que la población de *E. alletteratus* del suroeste del Golfo de México es más pequeña en talla que las del margen oriental de Atlántico.

Las diferencias entre las estimaciones de la longevidad de este estudio (13 y 15 años) con las de Cayre & Diouf (1983) y Landau (1965), las cuales fueron 8 y 10 años respectivamente se deben al método empleado, ya que dichos autores tomaron como longevidad, la edad máxima observada en sus estudios, el cual es un método impreciso ya que a partir de la captura comercial se vuelve difícil obtener organismos de grandes tallas y por ende de mayor edad.

La estimación de las tasas de mortalidad natural resulta difícil de realizar de la forma directa, sin embargo, las estimaciones a partir de fórmulas empíricas que toman como base los parámetros de la historia de vida constituyen una alternativa válida, ya que requieren mínima cantidad de datos y son útiles para demostrar la tendencia de la especie (Vetter, 1988). Por lo tanto las tasas de mortalidad natural aquí obtenidas proporcionan una aproximación que permite plantear escenarios para conocer las respuestas a estímulos de perturbación derivados de la pesca, en este estudio las curvas de sobrevivencia muestran que con cualquiera de las mortalidades obtenidas y sin importar el sexo, del año de nacimiento a la edad 2 se pierde aproximadamente el 80% de la cohorte por razones naturales.

La información generada en este estudio de edad, crecimiento y mortalidad del bonito *E. alletteratus* es la primera aproximación en el suroeste del Golfo de México, información que sin duda puede ser utilizada como insumo de entrada para modelos de gestión cuyos resultados permitirán elaborar medidas de regulación para dicho recurso. La evaluación del stock de este recurso es importante debido a su posición en la cadena trófica en la que son presa de túnidos grandes y tiburones, y son predadores de pelágicos menores (ICCAT, 2011). Se recomienda que dicho proceso se efectuó antes de que el *E. alletteratus* sea considerada una especie objetivo.

CONCLUSIONES

- El intervalo de tallas por sexos combinados del bonito *E. alletteratus* desembarcado por la flota artesanal de Antón Lizardo, Veracruz fue de 247 a 807 mm de LF, predominando las tallas de 350 a 550 mm.
- La alta correlación positiva entre las diferentes dimensiones de la primera espina de la primera aleta dorsal (diámetro longitudinal, diámetro transversal, longitud total y radio total) y la longitud furcal del individuo, indican que el crecimiento de la espina es proporcional al crecimiento en longitud del *E. alletteratus* por tal razón esta estructura es adecuada para la determinación de la edad y la estimación del crecimiento.
- El corte de la espina se debe realizar al 20% de la longitud total de la espina y el grosor de este debe ser de 0.8 mm para una observación clara de las bandas de crecimiento.
- La periodicidad de formación de las bandas de crecimiento para el bonito *E. alletteratus* en el suroeste del Golfo de México es anual.
- La flota artesanal incidió sobre 8 grupos de edad (2-9), siendo los más abundantes los individuos entre 2 y 5 años.
- La vascularización al centro de la espina para *E. alletteratus* ocurre durante los años 2 a 5 y provoca la pérdida de 1 a 2 anillos.
- Los parámetros de crecimiento fueron, para hembras $L_{\infty} = 781.9$ mm, $k = -0.234$ año⁻¹ y $t_0 = -0.139$ año, para machos $L_{\infty} = 839.17$ mm, $k = -0.2$ año⁻¹ y $t_0 = -0.152$ año y para sexos combinados $L_{\infty} = 839.16$ mm, $k = -0.206$ año⁻¹ y $t_0 = -0.147$ año.
- La longevidad de las hembras y machos para el *E. alletteratus* en el suroeste del Golfo de México es de 13 y 15 años respectivamente.

- Las tasas de mortalidad fluctuaron entre 0.28 y 0.63 e indicaron que de la fecha de nacimiento a los 2 años de edad se disminuye la población del *E. alletteratus* en aproximadamente un 80%

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acker J. G. and Leptoukh G., "Online Analysis Enhances Use of NASA Earth Science Data", Eos, Trans. AGU, Vol. 88, No. 2 (9 January 2007), 14-17 pp.

Alagaraja K. 1984. Simple method for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. Indian Journal of Fisheries 31: 177-208.

Allman & Grimes, 1998. Growth and mortality of little tunny (*Euthynnus alletteratus*) larvae of the Mississippi river plume and Panama city, Florida. Bulletin of marine science, 62(1): 189-197 pp.

Anónimo, 2003. FAO Fishery Statistics Capture Production, Vol.92/1, 2001, Fao Fisheries Series No.63, FAO Statistics Series No.173, p.221 ISSN 1020-6663. Rome.

Bahou, L., Kone, T., N'Douba, V., N'Guessan, K.J., Kouamelan, E.P., and Gouli, G.B. 2007. Food composition and feeding habits of Little Tunny (*Euthynnus alletteratus*) in continental shelf waters of Cote d'Ivoire (West Africa). ICES J. Mar. Sci. 64: 1044-1052 pp.

Beamish, R. J. & Fournier, D. A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determination. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38, 982-983 pp.

Bertalanffy, L. V. 1938. A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws II.) Human Biology a Record of Research. 10(2), 181-213 pp.

Bouchot-Alegria, 2012. Dieta del bonito (*Euthynnus alletteratus*, Rafinesque, 1810) capturado en el Sistema Arrecifal Veracruzano y áreas adyacentes (Tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Boca del Río. 23 pp.

Cabrera M., Defeo O., Aguilar F. y Martínez J. 1993. La pesquería de Bonito (*Euthynnus alletteratus*) del noroeste del banco de Campeche, México. Proceeding of the 47th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 744-759 pp.

Campana, 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59: 197-242 pp.

Cailliet, G.M., M.S. Love y A.W. Ebeling., 1986. *FISHES A Field and Laboratory Manual on Their Structure, Identification, and Natural History*. Wadsworth, Inc. Belmont, California. 194 pp.

Cailliet, G.M. y K.J. Goldman. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. En: J. Carrier, J. A. Musick y M.R. Heithaus (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL., 399-447 p.

Cailliet G. M., Smith W.D., Mollet H.F., Goldman K.J., 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ Biol Fishes* 77:211–228

Cayre, P. M. & Diouf, T. 1983. Estimating Age and Growth of Little Tunny, *Euthynnus alletteratus*, off the Coast of Senegal, Using Dorsal Fin Spine Sections. U. S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 8:105-110 pp.

Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A. J. Lemus. R. Márquez, J. M. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez. 1992. *Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América*. FAO, Roma, 513

Compeán-Jiménez, G. 1980. Comparaison de techniques de détermination de l'âge chez les principales espèces de thonidés atlantiques (Tesis doctoral). Univ. Aix Marseille II, 153 pp.

Claro, R., 1994. Características generales de la ictiofauna. p. 55-70. In R. Claro (ed.) *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba and Centro de Investigaciones de Quintana Roo.

Chang, W. Y. B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 1208–1210 pp.

CHUR, V. N., 1973. Some biological characteristics of little tuna (*Euthynnus alletteratus* Rafinesque, 1810) in the eastern part of the tropical Atlantic. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 1: 489-500.

Díaz del Río Español Víctor. 2009. La cuenca de Alborán un viaje al fondo del Mar. XXVII semana de estudios del mar. 311-355 pp.

Defeo, O., F. Arreguín & J. Sánchez. 1992. Growth study of the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three length based methods. Sci. Mar. 56: 53-59 pp.

Defeo, O. & C. Leonce-Valencia. 1994. Estimación de la variabilidad en los parámetros de crecimiento del huachinango *Lutjanus campechanus* de la Sonda de Campeche. Jaina (México) 5-15 pp.

Falautano, M., Castriota, M.G., Finoia, M.G., and Andaloro, F. 2007. Feeding ecology of Little Tunny *Euthynnus alletteratus* in the central Mediterranean Sea. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 87: 999-1005 pp.

Gonzales Angel R., Mendoza Jeremy, Arocha Freddy y Márquez Aristide. 2010. Edad y crecimiento del bagre rayado *Pseudoplatystoma orinocoense* del Orinoco medio en Venezuela. Zootecnia Tropical, 28(2): 283-293.

Hajje G., Hattour A., Allaya H., Jarbouy O. y Bouian A., 2010. Biology of little tunny *Euthynnus alletteratus* in the Golf of Gabes, Southern Tunisia (Central Mediterranean Sea). Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 45 (3) 399-406 pp.

Hattour, A., 1984. Analyse de l'Age, de la Croissance et des Captures des Thons Rouges (*Thunnus thynnus*) et des Thonines (*Euthynnus alletteratus* L.) Peches dans les Eaux Tunisiennes. Bull. Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Oceanográfica. Péche Salammbô, 11: 27-61 pp.

Hansen, J.E., D. Hernández y H.D. Cordo.1991. Simulaciones de comparación de curvas de crecimiento en peces. Frente Marítimo, 9: 37-45 pp.

Hewitt, D.A. & J.M. Hoenig. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. *Fish. Bull.*, 103: 433-437.

Hill, K.T., Cailliet, G.M. and Radtke R.L. 1989. A comparative analysis for growth zones in four calcified structures of Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*, *Fish Bull. US*, 87(4): 829-843

Hoening, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.*, 82: 898-902.

ICCAT, 2011. Informe del Comité Permanente de Investigación y Estadísticas (SCRS). Madrid España. 153-154 pp.

IGFA, 2001. Database of IGFA angling records until 2001. IGFA, Fort Lauderdale, USA.

Johnson, A. G.1983. Comparison of Dorsal Spines and Vertebrae as Ageing Structures for Little Tunny, *Euthynnus alletteratus*, from the Northeast Gulf of Mexico. U. S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 8:111-115 pp.

Kahraman, A. E. & Oray, I. K., 2001. The determination of age and growth parameters of Atlantic little tunny *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) in Turkish water. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 52 (2): 719-732 pp.

Kahraman, A.E., Alicli, T.Z., Akayli, T. and Oray, I.K. 2008. Reproductive biology of little tunny, *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque), from the north-eastern Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 24: 551-554 pp.

Kaganovskaia SM (1933) A method for determining the age and composition of the catches of *Squalus acanthias*. *Bulletin Far-East Br Acad Sci USSR* 1(3):5–6 (translated from Russian by W.E. Ricker).

Landau, R. 1965. Determination of Age and Growth rate in *Euthynnus alletteratus* and *Euthynnus affinis* Using Vertebrae. *Rapports et Proces. Verbaux des Reunions. Publié par les Soins de*

Jean Furnesting Commission Internationale pour L'Exploration Scientifique de la Mediterranée, Vol. XVIII, Fas. I, 241-244 pp.

Lowe-McConnell, R.O., 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press. London, 382 pp.

Macías, D., Lema, L., Gómez-Vives, M.J., Ortiz de Urbina, J.M. and de la Serna, J.M., 2006. Some biological aspects of small tunas (*Euthynnus alletteratus*, *Sarda sarda* & *Auxis rochei*) from the southwestern Spanish Mediterranean traps. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 59(2): 579-589 pp.

Maroñas M., 2006. Crecimiento individual en peces. Cátedra de Ecología de Poblaciones.

Meiners C., Mier-Uco L. A., Bouchot-Alegría J.P. y Durán-Parra M.T., 2010. Dinámica reproductiva del bonito *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) de la costa central de Veracruz. XIII Foro Nacional sobre el Atún. 26-27 pp.

Morales-Nin, B. 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO. Doc. Tec. Pes. 322: 1-44 pp.

Natanson, L.J.1993. Effect of temperature of band deposition in little skate *Raja ericacea*. Copeia, 199-206 pp

Nikolsky, G.V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press.London.

Nishikawa, Y.M. Hanma,S. Veganagi and S. Kikawi.1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombrid fishes. Far Sea Fisheries. Research Laboratory Japan.

Ortiz de Zarate, V., X. Valeiras and M. Ruíz, 2007. Sampling protocol for skeletal structures of north Atlantic albacore tuna (*Thunnus alalunga*) and ageing interpretation. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(2): 492-506.

Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Documento técnico de Pesca. (234):49 p.

Pauly, D. & J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2(1): 21 pp.

Pereiro, J.A. 1982. Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. Instituto Español de Oceanografía.

Prince, E. D., D. W. Lee y R. Conser. 1987. Estimating age and growth rate of atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*): progress and future work plan. ICCAT. 26 (2): 426-435 pp.

Rickhter VA & VN Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. International Commission for the Northwest Atlantic. Fisheries Research Document 76/VI/8: 1-12.

Rodríguez-Roda, J. 1966. Estudio de la Bacoreta *Euthynnus alletteratus* (Raf.), Bonito *Sarda sarda* (Bloch), y melva, *Auxis thazard* (Lac) capturadas por las almadrabas españolas. *Inv. Pesq.* Vol. 30, 247-292 pp.

Rodríguez-Roda, J. 1979. Edad y crecimiento de la Bacoreta *Euthynnus alletteratus* (Raf.) de la Costa Sudatlántica de España. *Inv Pesq.* Vol. 43 (3): 591-599 pp.

Rodríguez Sobreyra, R., J. Zavala Hidalgo y A. Gallegos García. 2004. Circulación y surgencia en la plataforma oeste del Golfo de México. *GEOS*, Vol. 24, No. 2. México

Ruíz, M., E. Rodríguez-Marín and J. Landa. 2005. Protocol for sampling of hard parts for bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) growth studies. In: Report of the bluefin tuna direct ageing network (under the BYP framework). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(4): 1403-1419 pp.

Russell, E.S. 1931. Some theoretical considerations on the "overfishing" problem. 1-20 pp.

Santamaría, N., M. Deflorio, G. De Metrio, 2005. Preliminary study on age and growth of juveniles of *Sarda sarda*, Bloch and *Euthynnus alletteratus*, Rafinesque, caught by clupeoids purse seine in the Southern Italian Seas. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 56. Sparre, P., E. Ursin & S.C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1: manual. FAO Fish. Tech. Pap., 306(1): 1-337 pp.

Tserpes George & Tsimenides Nikolaos. 1995. Determination of age and growth of swordfish, *Xiphias gladius* L., 1758, in the eastern Mediterranean using anal-fin spines. Fishery Bulletin 93 (3).

Valeiras, X., D. Macías, M.J. Gómez, L. Lema, D. Godoy, J.M. Ortiz de Urbina y J.M. de la Serna, 2008. Age and growth of Atlantic little tuna (*Euthynnus alletteratus*) in the western mediterranea sea. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62 (5): 1638-1648 pp.

Valeiras & Abad, 2010. Manual ICCAT. Capítulo 2. Descripción de especies, Bacoreta, 1º Edición. 243-250 pp.

Vetter EF. 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. Fishery Bulletin 86: 25-43.

Yoshida HO. 1979. Synopsis of biological data on tunas of the genus *Euthynnus* NOAA. Tech. Rep. NMFS Circ 429:57

Zaboukas, N. & Megalofonou, P., 2007. Age estimation of the Atlantic bonito in the eastern Mediterranean Sea using dorsal spines and validation of the method. Scientia Marina 71 (4): 691-698 pp.

