

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA

EDAD Y CRECIMIENTO DE LA TOTOBAGA (*TOTOBAGA
MACDONALDI*) GILBERT EN EL ALTO GOLFO
DE CALIFORNIA

TESIS
MAESTRÍA EN CIENCIAS

MARTHA JUDITH ROMÁN RODRÍGUEZ

Ensenada, Baja California, México, febrero de 1994.

RESUMEN de la tesis de Martha Judith Román Rodríguez, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOLOGIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada, Baja California, México, Febrero 1994.

EDAD Y CRECIMIENTO DE LA TOTOABA (*Totoaba macdonaldi*) GILBERT EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA.

Resumen aprobado por:



Dr (cand.) Gregory Hammann
Director de Tesis

En nueve viajes de prospecciones evaluativas del recurso camarón realizadas en cooperación con el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas (CRIP-Guaymas), se muestrearon 1125 juveniles de totoaba durante los años 1989, 1990 y 1991. Durante la época reproductiva de la especie (febrero-abril) en los años de 1986, 1987 y 1989-1991, se muestrearon 176 organismos adultos. Se obtuvo la distribución de tallas de juveniles y adultos para los años de muestreo, la cual fluctúa entre 104 y 1600 mm de longitud patrón ($X = 362.379.2$; $n = 1301$). Se observó en general, para juveniles, una tendencia de aumento en la talla promedio entre los meses de julio a octubre, pero también se encontraron individuos juveniles de clases de edad mayores en esta área y durante algunos meses del mismo período. La tasa de crecimiento de juveniles fue semejante durante los tres años de muestreo y fluctuó entre 2.6 y 4.4 cm/mes. Esta tasa de crecimiento en vida libre se comparó con la tasa de crecimiento de tres organismos mantenidos en cautiverio, la cual fue de 2.8 cm/mes. Las tallas de adultos en la parte norte del Alto Golfo durante la época reproductiva, fueron homogéneas durante los años de muestreo ya que la talla promedio fue de 1347.9 ± 90.14 mm. La relación longitud-peso para totoaba mostró que el crecimiento es isométrico de acuerdo a la relación $P = 6.46 \times 10^{-4} L_p^{2.5}$ ($r^2 = 0.98$, $n = 705$). Se calculó el Factor de Condición de Fulton modificado, el cual en los juveniles fue el más alto durante el mes de agosto de 1991. Para adultos el factor de condición más alto se registró en los meses de abril de 1986 y febrero de 1987. Se seleccionó una muestra de 77 otolitos de juveniles (dos de ellos mantenidos en cautiverio), y de 43 otolitos de adultos, los cuales fueron procesados para obtener secciones delgadas y realizar la determinación de edad y crecimiento. Se obtuvieron las relaciones entre tres dimensiones del otolito sin seccionar (longitud total=LTO, ancho=AO y espesor=EO), y la longitud patrón del pez. El modelo de Gompertz ajustó satisfactoriamente para la relación entre cada

una de las tres dimensiones del otolito y la longitud patrón, siendo la relación entre LTO y longitud patrón, la de mejor ajuste. También se ajustó el modelo de Gompertz entre tres radios del otolito seccionado y la longitud patrón del pez, obteniendo el mejor ajuste entre el eje 1, que corre a lo largo del surco del otolito, y la longitud patrón del pez. Por medio de retrocálculo se obtuvieron las edades pasadas partiendo de la premisa de que cada par de anillos corresponde a un año. Para apoyar esto se plantea una validación indirecta mediante el incremento en talla con respecto al tiempo y la formación de anillos en los otolitos de los organismos confinados en acuarios. La estructura de edades de la población de totoaba está compuesta por organismos desde la clase de edad 0+ hasta 25+ y el crecimiento individual se ajustó al modelo de von Bertalanffy mediante la ecuación $L_p = 1390\{1 - \exp[-0.231(t - (-1.10))]\}$ ($r^2 = 0.95$, $n = 104$). Se corroboró que la primera madurez está entre los grupos de edad 6+ y 7+ aunque existen individuos del grupo de edad 3+ que pueden presentarse en el stock de reproductores. Se sugiere que la veda implantada desde 1975 para esta especie ha contribuido a su recuperación ya que se conserva una estructura de tallas y edades semejantes a la reportada anteriormente, la cual va desde el grupo de edad 0+ hasta organismos longevos de 25+.

AGE AND GROWTH OF THE TOTOABA (*Totoaba macdonaldi*) GILBERT
IN THE UPPER GULF OF CALIFORNIA.

ABSTRACT

In nine field trips to evaluate the shrimp resource, 1125 juvenile totoabas were collected during 1989-1991. During the reproductive season (February-April) 176 adults were sampled in 1986, 1987 and 1989-1991. The lengths distribution of adults and juveniles was between 104 and 1600 mm of standard length (SL) ($X=362 \pm 379.2$, $n=1301$). The average length of juveniles increased from July to October. The juvenile growth rate was similar during the three sampling years, and ranged between 2.6 and 4.4 cm/year. This was similar to that of three individuals held in captivity (2.8 cm/year). The adults length frequency composition was homogeneous in the northern Gulf of California ($X=1347.9 \pm 90.1$ mm). The overall length-weight relationship was $Wt=6.46 \times 10^{-4} L^{2.5}$ ($r^2=0.98$, $n=705$). The juvenile condition factor was highest during August 1991; for adults the condition factor was highest during April 1986 and February 1987. Seventy-seven juvenile and 43 adults otoliths were thin sectioned for aging. The correlation between fish standard length and three unsectioned otolith dimensions (Total otolith length=LTO, otolith width=AO and otolith thickness=EO) were calculated. The best fit was obtained for the relationship LTO and fish standard length by the Gompertz model. The same model was fitted to the relationship between three axis of the thin section and the fish standard length. Lengths at past ages were obtained by backcalculation considering that each ring-pair represents a year in time. An indirect validation was suggested by using growth data of three juveniles held in captivity. The age structure of the totoaba population was represented by young-of-the-year organisms to 25 year old adults. The equation for the von Bertalanffy model was $L_t=1390\{1-\exp[-0.231(t-(-1.10))]\}$ ($r^2=0.95$, $n=104$). The age of first maturity was confirmed at the 6+ and 7+ year class, although it is possible to find mature individuals in the 3+ year class. I suggest that the moratorium on fishing since 1975 has contributed to the recovery of an stable age population structure for totoaba in the Gulf of California because the current age and length structure appears to be similar to that of past years.

TESIS DEFENDIDA POR: MARTHA JUDITH ROMAN RODRIGUEZ

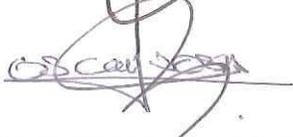
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITE:



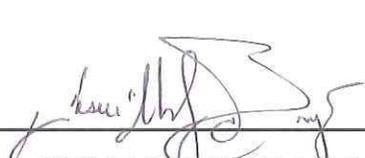
M.C. MARK GREGORY HAMMANN KUPPERSTEIN.- Director del Comité



DR. LUIS EDUARDO CALDERON AGUILERA.- Miembro del Comité



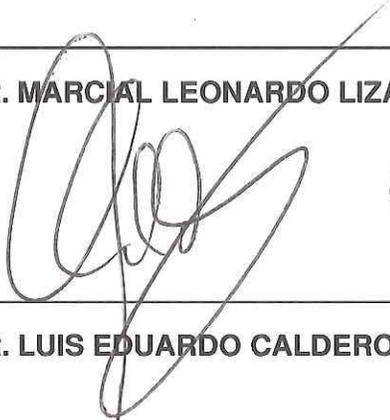
DR. OSCAR SOSA NISHIZAKI.- Miembro del Comité



DR. JOSUE ALVAREZ BORREGO.- Miembro del Comité



DR. MARCIAL LEONARDO LIZARRAGA PARTIDA.- Jefe Depto. Ecología Marina



DR. LUIS EDUARDO CALDERON AGUILERA.- Director de Estudios de Posgrado

18 DE FEBRERO DE 1994

**CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION SUPERIOR
DE ENSENADA**

**DIVISION DE OCEANOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**

**EDAD Y CRECIMIENTO DE LA TOTOABA (*Totoaba macdonaldi*)
GILBERT EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado
de Maestro en Ciencias, presenta

MARTHA JUDITH ROMÁN RODRÍGUEZ

Ensenada, B.C. Febrero de 1994

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION.....	1
I.1 Antecedentes.....	6
II. OBJETIVOS.....	11
III. METODOS Y MATERIALES.....	12
III.1 Area de Estudio	12
III.2 Trabajo de Campo	15
III.2.1 Juveniles.....	15
III.2.2 Adultos	16
III.3 Trabajo de laboratorio.....	17
III.3.1 Marcado con clorotetraciclina (CTC)	17
III.3.2 Selección y medición de otolitos sin seccionar.....	18
III.3.3 Inclusión, seccionamiento y pulido de otolitos.....	18
III.3.4 Medición de las secciones del otolito	21
III.4 Procesamiento de datos	22
III.4.1 Frecuencia de tallas.....	22
III.4.2 Relación longitud-peso	22
III.4.3 Factor de condición.....	23
III.4.4 Relación tamaño del otolito-longitud patrón	24
III.4.4.1 Otolitos sin seccionar.....	24
III.4.4.2 Secciones de otolitos	25
III.4.5 Edad y crecimiento individual	26
III.4.5.1 Modelo de von Bertalanffy	26

CONTENIDO (Continuación)

	<u>Página</u>
III.4.5.2 Retrocálculo	27
III.4.5.3 Validación Indirecta.....	28
IV. RESULTADOS	29
IV.1 Frecuencia de Tallas	29
IV.1.1 Juveniles.....	30
IV.1.2 Adultos.....	35
IV.2 Relación Longitud-peso.....	37
IV.3 Factor de Condición	38
IV.4 Relación tamaño del otolito-longitud patrón del pez	38
IV.4.1 Otolitos sin seccionar	38
IV.4.2 Secciones de otolitos.....	42
IV.5 Edad y Crecimiento individual.....	48
IV.5.1 Modelo de von Bertalanffy	48
IV.5.2 Retrocálculo.....	51
IV.5.3 Validación indirecta	53
V. DISCUSION	56
VI. CONCLUSIONES.....	77
LITERATURA CITADA	79

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Ejemplar adulto (A) y juvenil (B) de totoaba	2
2	Area de distribución actual propuesta (a); distribución histórica de totoaba (b); Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado(c), donde se localiza la zona de reproducción y crianza de la totoaba.	3
3	Curva de producción de totoaba. Tomada de Rosales Juárez y González (1987).	4
4	Area de estudio. Zona de muestreo de adultos (▲) y juveniles (---)	13
5	Cortes de otolitos a) transversal, b) longitudinal	20
6	Ejes de medición de las secciones transversales de otolitos	21
7	Frecuencia de tallas de juveniles y adultos durante el período de muestreo	29
8	Frecuencia de tallas por año de muestreo. A)1989 B)1990 y C)1991	32
9	Frecuencia de tallas de juveniles por año y por mes. A)1989 B)1990 y C)1991.	33
10	Tasa de crecimiento de juveniles por desplazamiento de modas. A) 1989; B) 1990 y C) 1991.	34
11	Frecuencia de tallas de adultos por año de muestreo.	36
12	Relación longitud-peso para totoaba.	37
13	Factor de condición para a)juveniles b)adultos de totoaba.	38

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
14	Modelo de Gompertz ajustado a la relación entre la longitud patrón de totoaba y a) LTO b) AO y c) EO	40
15	Relación entre la longitud patrón de totoaba y el peso del otolito.	41
16	Cortes de otolitos de juveniles de totoaba de edades 0+ (A), 1+ (B) y 2+ (C).	45
17	Cortes de otolitos de A) subadulto y B) adulto de totoaba.	46
18	Modelo de Gompertz ajustado a la relación entre el eje de crecimiento del otolito y la longitud patrón de totoaba. A) eje 1 B) eje 2 y C) eje 3.	47-48
19	Comparación de curvas para el modelo de von Bertalanffy ajustado a las edades de totoaba. A) Nakashima (1916) B) Berdegué (1955); C) Flanagan (1973); D) Molina <i>et al.</i> (1988) y E) presente estudio.	50
20	Relación longitud patrón-longitud total para totoaba	51
21	Longitudes retrocálculo y observadas para totoaba	52
22	Otolito normal de juvenil de totoaba (A) y otolito descalcificado (b)	55

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
I	Datos merísticos de tres juveniles en cautiverio	35
II	Grupos de edades y longitud patrón (mm) de totoaba a)observadas b)von Bertalanffy c)retrocalculadas. número de organismos(n); desviación estandar (d.e.)	43
III	Clave Edad-longitud para totoaba	44
IV	Tasas de crecimiento para totoaba a)por desplazamiento de modas (sólo juveniles), b) von Bertalanffy y c) retrocálculo.	49
V	Longitudes patrón (mm) retrocalculadas para totoaba	53
VI	Cuadro comparativo de los parámetros del modelo de von Bertalanffy para totoaba	58

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, por inculcarme el deseo de querer siempre subir un escalón más en la vida.

Para mi chiquitito, José Rafael, porque juntos empezamos y logramos terminar esta tesis.

Para José Rafael, con todo el amor y cariño que siento por el esposo, el amigo y el compañero de tantos años.

Para mi mamá con todo mi cariño, porque desde siempre y por siempre estará a mi lado brindándome su apoyo.

Para mis hermanos, Gelo, Lupe, Joaquín y Paco porque aunque lejos siempre estaré con ellos.

A todos aquellos artesanos de la edad y crecimiento

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias a la cooperación y colaboración de varias personas así como de distintas instituciones, por lo cual quiero expresar mi agradecimiento a todos ellos.

A los pescadores del Golfo de Santa Clara por la colaboración que han mostrado para conmigo para llevar a cabo este estudio durante todos los años de muestreo. Muy especialmente al Sr. Heriberto Amaya y familia por estar siempre tan dispuestos a colaborar con nosotros.

A mi Director de Tesis, Gregory Hammann por su apoyo siempre oportuno e incondicional, por sus comentarios y críticas al trabajo y por brindarme su amistad.

A mis sinodales, Dr. Josué Alvarez Borrego por sus comentarios y sugerencias y en especial al Dr. Luis Calderón y Dr. Oscar Sosa por sus comentarios, críticas y asesoría para realizar este trabajo .

También expreso mi muy sincero agradecimiento al Centro Ecológico de Sonora, en Hermosillo, ya que esta tesis fue posible realizarla porque formó parte del proyecto "Evaluación de la población de totoaba (*Totoaba macdonaldi*) con fines de Conservación". Especialmente agradezco a la Lic. Dinorah Retes D. por el apoyo que me brindó para iniciar mis estudios de posgrado y al Biol. Pesq. Martín Almeida Paz por colaborar conmigo para que el trabajo de campo pudiera ser lo más completo. Al Biol. Alejandro Varela por su gran compañerismo en el trabajo y al Oc. Guadalupe Morales A. por su apoyo como Jefe del Area de Ecología Acuática para realizar actividades diversas durante el proceso de esta tesis.

A la Dirección de Administración de Pesquerías de la Secretaría de Pesca por la expedición del permiso de Pesca de Fomento número 1229 para la colecta de los organismos.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera en Guaymas, por darnos el apoyo para participar en los cruceros de prospección de camarón.

A La Federación de Cooperativas del Golfo de California de Puerto Peñasco, por facilitarnos la realización de muestreos a bordo de viajes comerciales de pesca de camarón. Especialmente a los señores Eugenio Amaya y Francisco Cota V., así como al resto de la tripulación del B/M Jim-Jim II de la Soc. Coop. MEZDE.

A la Fish and Wildlife Foundation por financiar el Proyecto "Adecuación al cautiverio de larvas y juveniles de totoaba (*Totoaba macdonaldi*)" durante 1989.

Al Oc. Guillermo Avila S. jefe del Laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias Marinas de la U.A.B.C. por haberme dado las facilidades y la asesoría para realizar los cortes de otolitos.

Al personal de la Estación Noroeste del Instituto de Geología de la U.N.A.M. en Hermosillo, Sonora, especialmente al Jefe de la estación M.C. Jaime Roldán Q. y al Geol. Pablo Peñaflor por darme las facilidades para trabajar en el laboratorio de pulido de láminas y al Sr. Luis Terán G. por asesorarme en el aprendizaje de la técnica para pulido de las secciones delgadas de otolitos.

A mi siempre asesor y revisor en esta mi carrera científica Biol. José Rafael Campoy F., especialmente por la realización de los dibujos de esa tesis.

Al M.C. Juan Carlos Barrera G. por su amistad, por sus comentarios siempre tan atinados y por el apoyo que me ha brindado en la etapa de terminación de esta tesis.

Al Oc. César O. Almeda por estar siempre tan dispuesto para brindarme la ayuda que le he solicitado.

A mis compañeros de generación durante esta Maestría, porque fuimos un grupo donde siempre hubo compañerismo y amistad, y muy pero muy especialmente a Carmen Rodríguez M., Héctor Reyes B. y Juan Gabriel Díaz U. por convivir y compartir momentos muy buenos y especiales conmigo durante mi estancia en CICESE y en Ensenada.

A Peggy Turk y Ricardo Boyer por su amistad y hospitalidad en Puerto Peñasco durante el trabajo de campo de esta tesis

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

A todos aquellos que de alguna manera colaboraron en el proceso de esta tesis.

I. INTRODUCCION

Hasta hace poco mas de 40 años, la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), era considerada como una de las especies de peces de mayor valor comercial, deportivo y tradicional en el Golfo de California (Craig, 1926; Chute, 1928 y 1930; Muñoz Orozco, *et al.* 1990). Los adultos de esta especie son los de mayor tamaño dentro de la familia Sciaenidae (Fig. 1), alcanzan longitudes máximas de aproximadamente dos metros de longitud total y un peso cercano a los 80 Kg (Arvizu y Chávez, 1972; Barrera Guevara, 1985). Sin embargo es una de las especies endémicas del golfo de la que poco se conoce sobre su biología y ecología.

Arvizu y Chávez (1972) mencionaron que esta especie realiza migraciones anuales desde el límite sur de su distribución hasta la boca del Río Colorado. Esta área de distribución la consideraron desde la desembocadura del Río Colorado hasta el Río Fuerte, Sinaloa (costa este del Golfo) y Bahía Concepción, B. C. (costa oeste del Golfo) (Fig. 2). Actualmente, el área de distribución de la especie probablemente esté restringida a la parte norte y central del Golfo, ya que no se conocen registros recientes confirmados de este sciáenido más al sur de Yavaros, Sonora y de la Bahía de San Francisquito, B. C.

Las capturas máximas de totoaba se registraron en el período de 1934 a 1945 y ascendieron a más de 2000 toneladas anuales (Fig. 3) pero debido al inadecuado manejo de la pesquería, la sobreexplotación de la población de totoaba fue inminente (Berdegué 1955; Ramírez González, 1968; Flanagan y

Hendrickson, 1976; Rosales Juárez y Ramírez González, 1987). Las capturas de totoaba disminuyeron hasta registrarse un mínimo de 58 toneladas en 1975, por lo cual, el Gobierno Mexicano decidió establecer una veda indefinida para la pesca de este recurso (Diario Oficial, Agosto, 1975). En 1979 se evaluó por primera vez la situación poblacional de la totoaba y se propuso como una Especie en Peligro de Extinción (NMFS, 1979), siendo así la primer especie de pez marino enlistada dentro de esta categoría (IUCN, 1981).

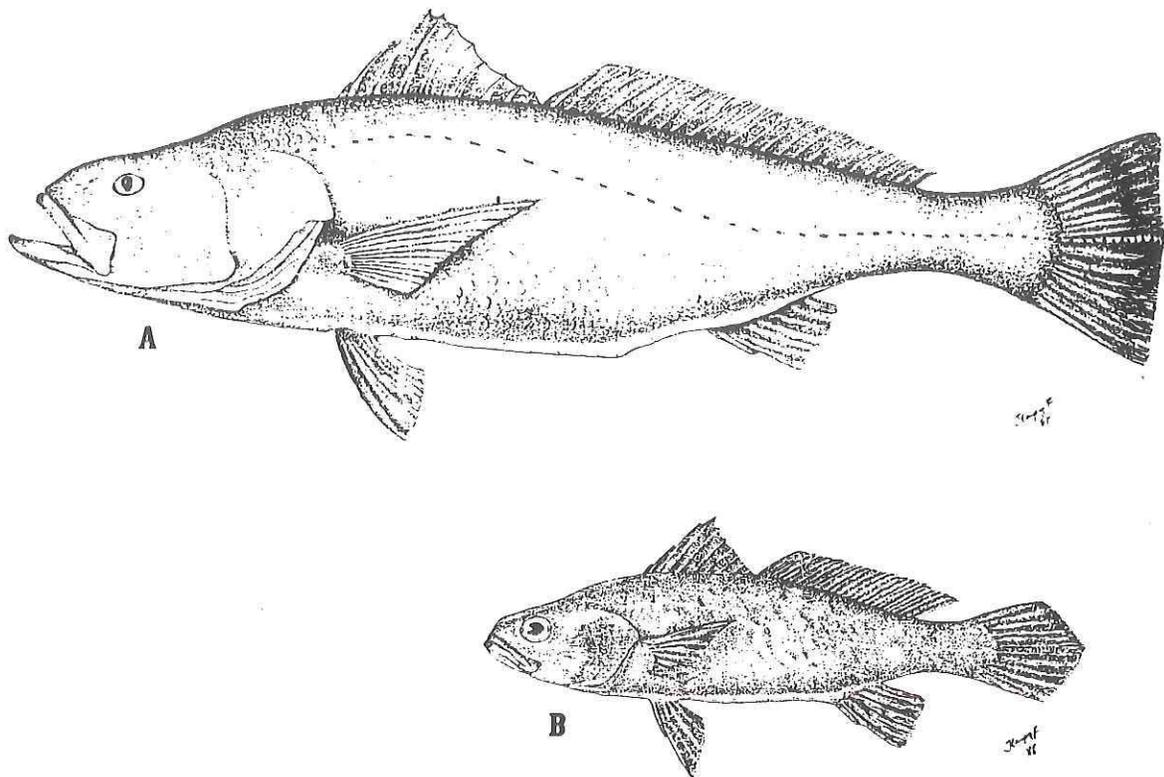


Figura 1. Adulto (A) y juvenil (B) de totoaba.

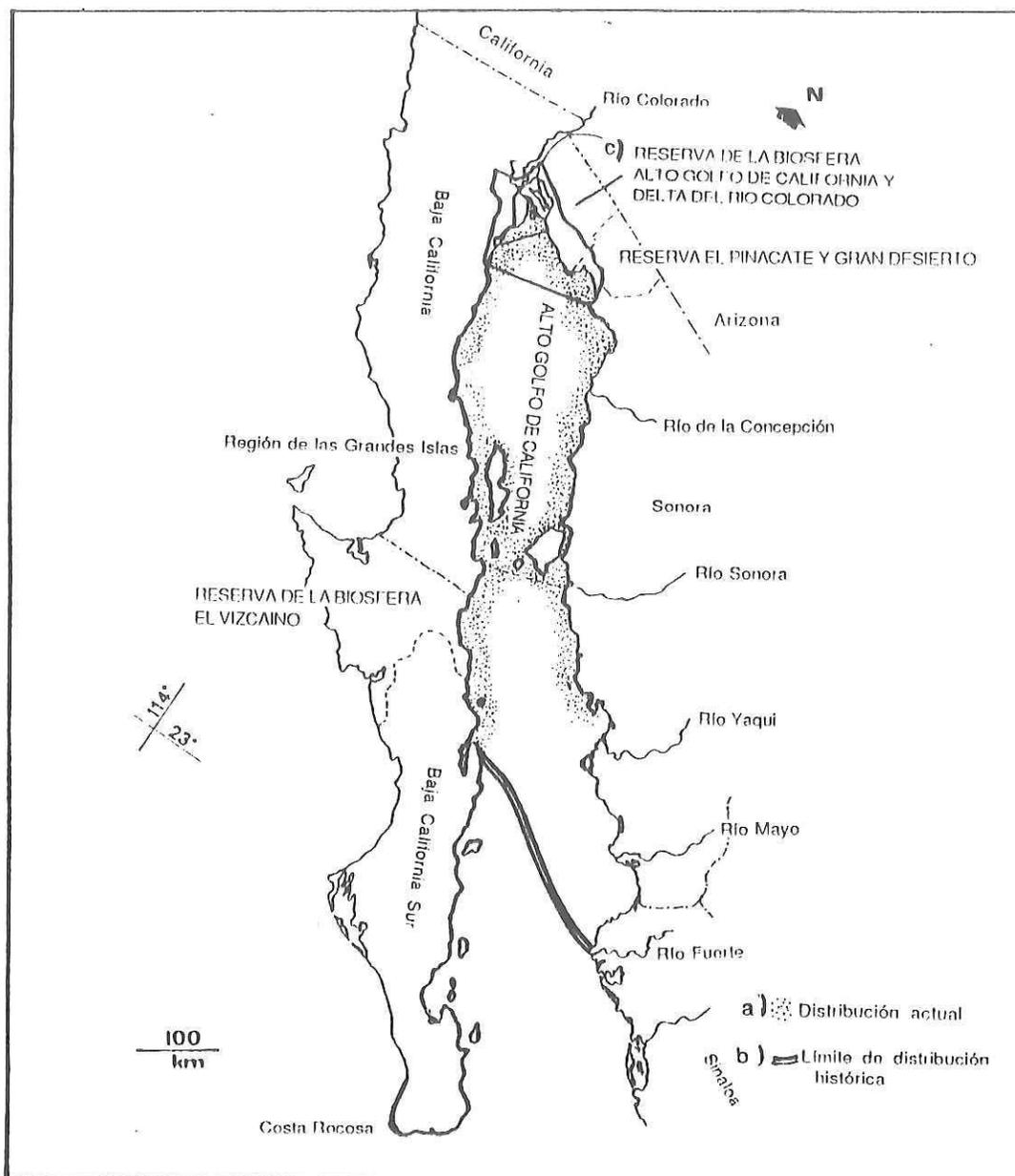


Figura 2. Area de distribución actual propuesta (a); distribución histórica de totoaba (b); Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (c), donde se localiza la zona de reproducción y crianza de la totoaba.

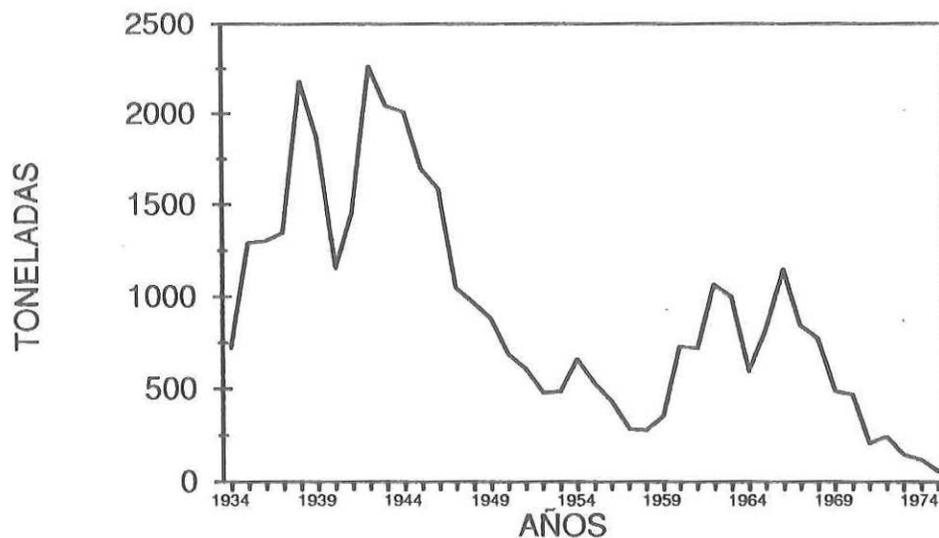


Figura 3. Curva de producción de totoaba. Tomada de Rosales Juárez y González (1987).

En los Estados Unidos y de acuerdo a la última revisión de su situación actual, permanece aún considerada como una Especie en Peligro de Extinción debido principalmente a los siguientes factores (NMFS, 1991):

- 1) Alta mortalidad de juveniles en arrastres de barcos camaroneros como parte de la fauna de acompañamiento del camarón; 2) sobreexplotación de la especie, ya que cuando la pesquería era legal, se realizaba una explotación del recurso basada solamente en vedas temporales, faltando regular los volúmenes capturados; 3) hoy en día actividades de pesca clandestina de adultos; y 4) alteraciones ecológicas en la zona de reproducción y crianza de la especie; tales como destrucción de habitat y cambios en el flujo de agua dulce en el Río Colorado.

En México de acuerdo a SEDESOL (Diario Oficial, Mayo 1991) se le considera sólo como una especie con protección especial. Los estudios sobre la biología de *T. macdonaldi* han sido limitados (Berdegué, 1955; Arvizu y Chávez, 1972; Guevara-Escamilla *et al.*, 1973; Flanagan y Hendrickson, 1976; Barrera Guevara, 1985, 1987, 1990, 1992; Almeida Paz *et al.* 1990 y Román Rodríguez, 1990) y la información disponible es todavía insuficiente para establecer un plan de recuperación y manejo de la especie; siendo uno de los aspectos poco estudiados para la totoaba el de su dinámica poblacional.

Dentro de los estudios para conocer la dinámica de una población, los que se refieren a la edad y crecimiento de peces son de suma importancia. A partir de estos conocimientos es posible comprender algunos aspectos del ciclo de vida de las especies, los cambios en la estructura por edades de la población, así como los factores asociados a dichos cambios. Además, son este tipo de estudios los que se requieren para trabajar en el diseño de modelos y estrategias de manejo de una pesquería (Ricker, 1979; Ehrhardt, 1981; Beckman *et al.* 1990).

Con base en lo anterior, este estudio presenta los resultados de la determinación de la edad de ejemplares de totoaba mediante el análisis de secciones delgadas de otolitos con la finalidad de conocer cual es la estructura de edades y tallas de los individuos juveniles y adultos que están siendo afectados por la pesquería de camarón y por la actividad pesquera ilegal en la parte norte del Alto Golfo de California.

1.1 Antecedentes

Se considera a la totoaba como una especie anádroma (Arvizu y Chavez, 1972), ya que los cardúmenes realizan desplazamientos anuales desde la parte central del Golfo hasta la desembocadura del Río Colorado donde se localizan sus áreas de desove y crianza, aún cuando esta zona desde hace tiempo presenta condiciones antiestuarinas (Alvarez Borrego *et al.*, 1973). Los meses de mayor abundancia de reproductores y cuando se registra el máximo de desoves son marzo y abril. Sin embargo, es posible encontrar ejemplares adultos en febrero y mayo en esta región norte del Alto Golfo de California (Barrera Guevara, 1992).

Al igual que otros sciaénidos, los machos producen sonidos con la vejiga gaseosa posiblemente como parte del comportamiento reproductivo de la especie durante el cortejo (Araya, 1984), fue precisamente esta vejiga gaseosa el motivo del inicio de su pesquería, ya que ésta era utilizada en la preparación de la sopa "Seen Kow" en la comida china (Chute, 1930). También se conoce que como parte del comportamiento reproductivo los organismos arriban a la zona de desove en cardúmenes monosexuales (Flanagan y Hendrickson, 1976). Este comportamiento facilitó su explotación en la parte norte del alto Golfo de California, puesto que los cardúmenes eran dinamitados o bien podrían atraparse muy cercanamente a la orilla en las aguas someras de esta región del Alto Golfo. La totoaba es un pez carnívoro y no selectivo que se alimenta principalmente de peces y crustáceos (Berdegué, 1955; Arvizu y Chávez, 1972; Guevara Escamilla, 1973; Flanagan y Hendrickson, 1976; Román Rodríguez, 1990).

Para la realización de los estudios de edad y crecimiento pueden utilizarse diferentes estructuras duras del cuerpo del pez, las cuales presenta tanto ventajas

como desventajas (Bagenal, 1974; Bagenal y Tesch, 1978; Morales Nin, 1987a). Estas estructuras pueden ser escamas, vértebras, espinas, huesos operculares y otolitos.

Las escamas, son fáciles de coleccionar, no implica la muerte del organismo, pero se debe conocer cual es el lugar más adecuado para su colecta, dependiendo de la especie que se trate. Un problema que puede presentarse con la lectura de edades mediante escamas, es que éstas pueden ser regeneradas y que en especies longevas los anillos más exteriores son más fáciles de traslaparse por lo que se corre el riesgo de subestimar la edad (Bagenal 1974; Beamish y McFarlane 1987; Jerald, 1983).

Las vértebras, espinas y huesos operculares, son también fáciles de coleccionar y en el caso de las espinas, no necesariamente se requiere de sacrificar al organismo. Entre las desventajas de utilizar estas estructuras se puede mencionar que en algunas ocasiones no existe buena visibilidad del primer anillo y que al haber exceso de grasa los huesos se tornan muy porosos.

Los otolitos son una de las estructuras utilizadas en los estudios de edad y crecimiento, ya que presentan depositaciones cíclicas de material orgánico y minerales, específicamente carbonato de calcio en forma de aragonita (Bagenal, 1974; Blacker, 1974). Dichas depositaciones se aprecian como anillos concéntricos que tienen relación con el crecimiento del organismo y a los cuales generalmente se les asocia con períodos de tiempo, que pueden ser diarios,

estacionales o anuales (Panella, 1971; Bagenal, 1974; Morales Nin, 1987a; Secor *et al.*, 1990).

Los otolitos presentan ciertas ventajas sobre las estructuras antes mencionadas al ser utilizados en la determinación de la edad. Es posible inferir eventos del ciclo de vida del pez relacionados con factores ambientales que influyen en su crecimiento, lo anterior, debido a que los otolitos son estructuras que se forman desde los primeros estadios de vida del pez.

En el caso de la determinación de edad de especies longevas, el uso de otolitos puede resultar de mayor utilidad que las escamas puesto que, cuando existe pérdida de escamas, aunque éstas se regeneran, la información de las primeras etapas de crecimiento del individuo no es posible obtenerla. Además, las líneas de crecimiento más externas en las escamas presentan una mayor sobreposición de tal forma que dificulta su lectura (Bagenal 1974; Beamish y McFarlane 1987; Jerald, 1983).

La utilización de otolitos también puede presentar desventajas, como en el caso de que los otolitos sean demasiado pequeños y frágiles, lo cual dificulta su extracción. Existen otolitos que se conocen como otolitos cristalinos los cuales presentan una estructura alterada porque los cristales de calcita son gruesos y traslúcidos, por lo tanto estos otolitos no son útiles en la determinación de edad. Otra desventaja es que se debe sacrificar al pez.

Villamar (1972), realizó estudios de edad y crecimiento mediante escamas y otolitos de diferentes especies de esciáenidos incluyendo al género *Cynoscion*, en el cual estaba incluida la totoaba. Encontró que los anillos de crecimiento en *Argirosomus argentatus*, *Nibea mitsukurii*, *Cynoscion parvipinnis* y *Umbrina cirrosa*, son fáciles de distinguir. Mientras que para *Pentheroscion mbizi* y *Pseudotolithus elongatus* es difícil la detección de los anillos. Concuerta al igual que otros autores en que los otolitos son estructuras más útiles que las escamas en la determinación de edad, aunque señala que es importante conocer e interpretar correctamente las características estructurales de la zonación en los otolitos. Menciona también que la formación de anillos en escamas para especies que dependen de un regimen hidrológico tales como *Cynoscion macdonaldi*, *Micropogon altipinnis*, *Pseudosciaena diacanthus* y *Cynoscion parvipinnis* los anillos se forman una vez al año.

Otros estudios sobre edad y crecimiento de la familia Sciaenidae han sido realizados en su mayoría para especies del Atlántico (Klima y Tabb, 1959; Hansen, 1969; Richards, 1973; White y Chitteden Jr. 1977; González, 1977 y 1979; Shlossman y Chitteden Jr., 1982; De Vries y Chitteden Jr., 1982; Haimovici y Reis, 1984; Barger, 1985; Peters y McMichael Jr., 1987; Chamberlain *et al.*, 1987; Beckman *et al.*, 1988 y 1990).

Por lo que respecta a estudios de edad y crecimiento de la especie *T. macdonaldi*, se encuentra el de Berdegué (1955) basado en la lectura de escamas. Dicho autor calculó que los individuos capturados en la pesca comercial fluctuaban entre tres y nueve años de edad y la longitud patrón promedio de los

que él menciona como más longevos para su estudio fue de 1270 mm. Los organismos capturados en pesca deportiva correspondían a edades mayores, entre ocho y quince años, y los individuos más abundantes presentaron una longitud patrón promedio de 1220 - 1230 mm; el individuo de mayor edad midió 1330 mm.

Por su parte Molina *et al.* (1988) trabajaron también con escamas de individuos capturados en pesca experimental y calcularon un intervalo de edades entre 2 y 19 años y tallas promedio para cada edad, que variaron entre 735 y 1930 mm. A partir del modelo de von Bertalanffy calcularon una longitud máxima (L_{inf}) de 2030 mm, $k=0.118$ y $t_0=-2.264$ años. Ambos trabajos no mencionaron haber realizado la validación del método empleado.

II. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- 1) Evaluar la técnica de la lectura de otolitos para la determinación de la edad en *T. macdonaldi*
- 2) Comparar la exactitud del método de lectura de otolitos con la del método de lectura de escamas.
- 3) Validar el método de lectura de otolitos para determinación de edad a partir de otolitos de dos individuos de la especie marcados con clorhidrato de tetraciclina (CTC).
- 4) Determinar los parámetros de la relación longitud-peso.
- 5) Describir el tipo de crecimiento individual para la totoaba y compararlo con el crecimiento de organismos en cautiverio.
- 6) Determinar la estructura por edades y tallas de juveniles y adultos de totoaba en la parte norte del Alto Golfo de California.

III. METODOS Y MATERIALES

III.1 Area de Estudio

El área de estudio se encuentra localizada en la parte alta del Golfo de California entre los 31°- 32°latitud norte y los 114° y 115° longitud oeste (Fig.4). Esta zona se caracteriza por la alta turbidez debido a la presencia de arcillas, ya que predomina un mar somero de fondo lodoso y arenoso (Wells *et al.*, 1981). La topografía desde el norte de Bahía Adair, Son. y el norte de San Felipe, B.C., hasta la desembocadura del Río Colorado incluyendo las islas Montague y Gore, es considerada una zona de pantanos sujeta a inundaciones, con algunas zonas arenosas en la región comprendida desde Puerto Peñasco hasta el Golfo de Santa Clara, Sonora (Anónimo, 1981). Además dicha topografía es muy irregular con una zona de canales que corren en dirección noreste - sureste, presentando un mejor desarrollo de los mismos, en la parte que fue la boca del Río Colorado. En esta región norte del Golfo de California se registra un ciclo de mareas semidiurnas, es decir dos mareas bajas y dos mareas altas por día de marea, las cuales alcanzan amplitudes de hasta 10 m. Debido a las mareas en esta zona, se efectúa una fuerte mezcla (Lepley *et al.*, 1975), quedando al descubierto extensiones de hasta 1 Km en la region del Delta del Colorado.

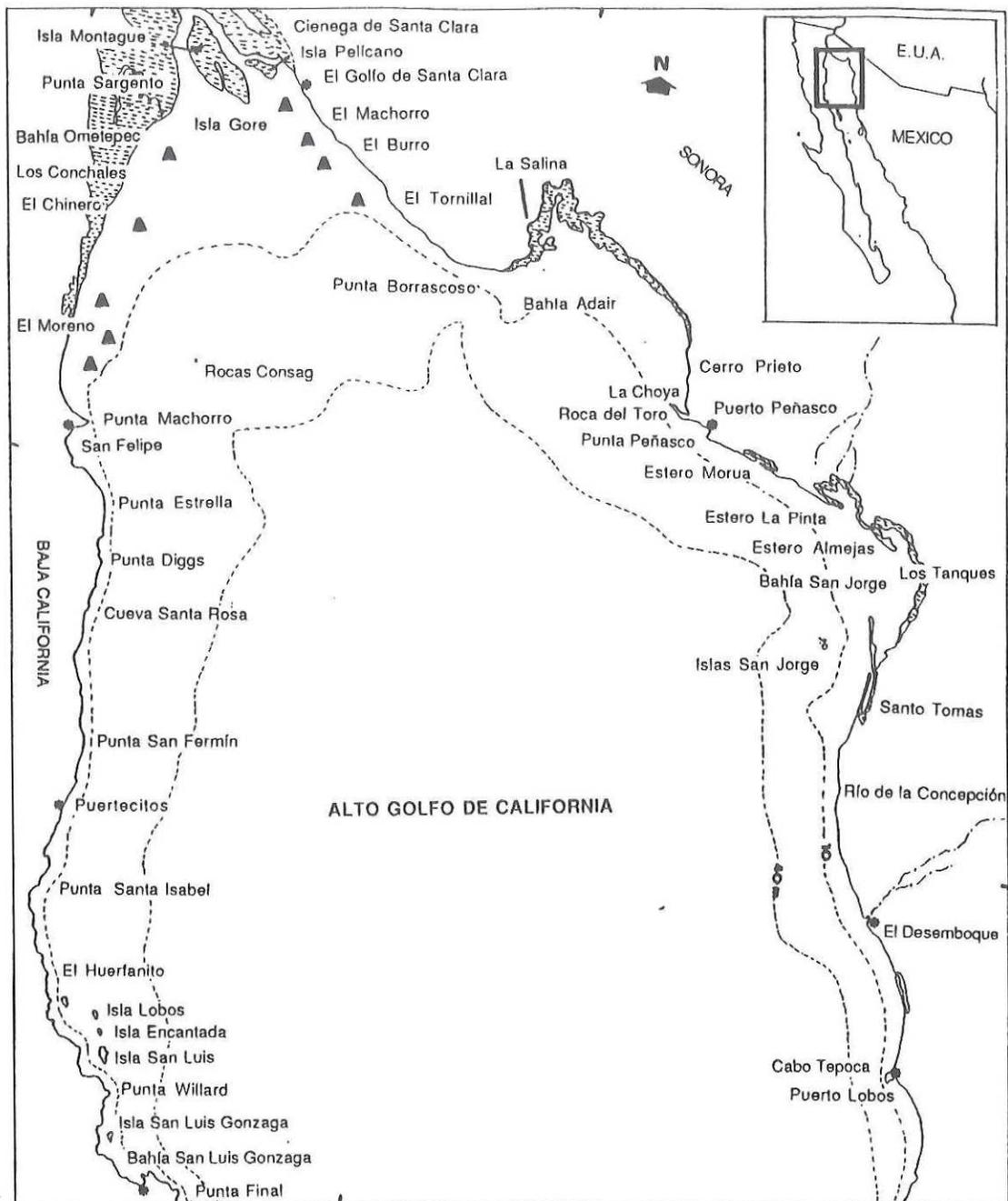


Figura 4. Area de estudio. Zona de muestreo de adultos (▲) y juveniles (---)

Hendrickson (1973) mencionó que en esta zona no se evidencian cambios conspicuos de salinidad y temperatura a largo plazo. El intervalo de fluctuación diurna de la temperatura superficial del área es altamente variable; las fluctuaciones diurnas son máximas en los meses de invierno promediando, dichas fluctuaciones, 19°C en enero y durante verano son mínimas con un promedio de 10°C durante agosto. En diciembre se registran temperaturas mínimas (8.5 °C) y en julio se registran las máximas (36.4 °C) (Alvarez Borrego *et al.*, 1973).

Por lo que respecta a salinidad, existe un gradiente estable con los valores más altos hacia el noroeste y no existe ningún aporte significativo de agua dulce del Río Colorado, considerándose a la parte norte del Alto Golfo como un antiestuario. Lo anterior se demuestra por las elevadas salinidades (41‰) registradas en lo que fuera la boca del Río Colorado, a excepción de los días en que se registra una precipitación pluvial considerable, lo cual sucede en pocas ocasiones al año ya que en general la evaporación supera a la precipitación (Alvarez Borrego *et al.*, 1973; Hendrickson, 1973)

El clima del alto Golfo de California pertenece al tipo de climas seco subtipo muy seco semicálido con lluvias de verano y un porcentaje de precipitación invernal mayor de 10.2% ; la precipitación media anual es menor de 100 mm en toda la zona y las temperaturas medias anuales en tierra son de 20 a 22 °C en el área comprendida entre Puerto Peñasco y el Golfo de Santa Clara, Sonora; y de 22 a 24 °C desde San Felipe, B.C. a la desembocadura del Río Colorado (Anónimo, 1981).

III.2 Trabajo de Campo

III.2.1 Juveniles

De un total de 1125 organismos muestreados durante los años de 1989, 1990 y 1991; se seleccionaron 450 organismos juveniles para la extracción de otolitos. La colecta de juveniles fue a bordo de barcos de la flota camaronera de Puerto Peñasco, Sonora, como parte de las prospecciones evaluativas del recurso camarón realizadas por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas. Las capturas se llevaron a cabo con equipo convencional para pesca de arrastre de camarón (luz de malla 2"). Se registraron las variables de temperatura y salinidad, la fecha, localidad, número y tiempo del arrastre y la profundidad. Los ejemplares juveniles de totoaba capturados en los arrastres, se etiquetaron con sus datos correspondientes de colecta, se congelaron y finalmente fueron transportados al laboratorio del Centro Ecológico de Sonora para la posterior extracción de otolitos.

En el laboratorio se registraron la longitud patrón y total en mm (± 1 mm), y el peso total (g) en una balanza Ohaus dial (± 0.1 g). Posteriormente se les extrajeron los otolitos (sagitta) cortando el primer arco branquial de lado derecho para localizar la cámara óptica y romperla para sacar los otolitos. Cada par de otolitos se limpió, se etiquetó con los respectivos datos de colecta y merísticos, y se les guardó en bolsas de papel.

III.2.2 Adultos

La colecta de adultos se realizó en los meses de marzo y abril de 1987, 1989 y 1991, mediante el uso de red agallera de 10 a 12 pulgadas de luz de malla y longitud variable entre 100 y 150 brazas por aproximadamente 2 m de calado. Se capturaron 178 organismos de los cuales se registraron los datos de longitud total y patrón (mm) con una cinta métrica (± 1 mm) y el peso total (g) con un dinamómetro (± 100 g), aunque en algunas ocasiones solo se consiguió el peso eviscerado (g); además de la fecha y localidad de captura.

En este caso sólo se obtuvieron 43 pares de otolitos in situ ya que dichos organismos forman parte de la pesca ilegal rivereña de la zona del alto Golfo y no es posible la obtención del ejemplar, ni partes de él, para su transporte al laboratorio. Para la obtención de los otolitos se utilizó una hacha, para realizar un corte transversal detrás de los ojos, aproximadamente a la altura del opérculo, de forma semejante a la descrita por Secor *et al.*, (1990), de tal forma que los otolitos quedaron expuestos y pudieron ser tomados manualmente o con ayuda de pinzas en caso de ser necesario. Una vez extraídos los otolitos se limpiaron con agua, se etiquetaron con sus respectivos datos de campo y merísticos y se guardaron en sobres de papel.

III.3 Trabajo de laboratorio

III.3.1 Marcado con clorotetraciclina (CTC)

Del total de arrastres de camarón que se realizaron, se trataron de recuperar juveniles de totoaba que tuvieran posibilidades de sobrevivir. De estos organismos, tres de ellos sobrevivieron hasta el acuario de investigación del Centro Ecológico de Sonora (CES). Después de cinco meses de su ingreso al CES, se registraron los pesos y longitud total de los juveniles una vez por mes, para conocer el crecimiento de la especie en cautiverio (Almeida Paz *et al.*, 1990)

Al décimo mes de su ingreso al acuario del CES (junio de 1990), por primera vez se les suministró en el alimento Clorhidrato de tetraciclina (CTC) durante cuatro días (18 al 22 de junio), a una dosis de 250 mgr por kg del pez (com. pers. D. Kent, Hubbs-Sea World Research Institute, San Diego, CA).

Este procedimiento se repitió tres veces más, las ocasiones subsecuentes fueron durante el mes de julio de 1990 por tres días (09-11), el mes de agosto de 1990 por tres días (13-15) y en el mes de septiembre de 1990 por tres días (03-05).

Después de 11 meses en cautiverio murió uno de los organismos, al cual se le tomaron las medidas de longitud patrón, longitud total y peso total. Posteriormente a los 24 meses murieron los otros dos juveniles y se procedió a registrar los mismos datos merísticos que al anterior.

III.3.2 Selección y medición de otolitos sin seccionar

Un total de 450 ejemplares juveniles, cuyas longitudes fluctuaban entre 104 y 620 mm de longitud patrón, se dividieron en 17 intervalos de clase de tallas de 20 mm cada intervalo. De estos 17 intervalos de tallas se seleccionaron por un muestreo estratificado al azar 5 pares de otolitos de cada intervalo de tal forma que quedaran representadas todas las tallas antes mencionadas. Como en algunos intervalos de talla había menos de 5 ejemplares, el total de otolitos seleccionados fue de 76 incluyendo los otolitos de los juveniles mantenidos en cautiverio. Los otolitos también fueron separados en las mismas 17 clases de tallas. En el caso de los adultos sólo fue posible coleccionar 43 pares de otolitos, en un intervalo de longitud patrón entre 1080 a 1490 mm, para utilizarlos en este estudio.

Se procedió a medir y pesar cada par de otolitos de los 76 juveniles y 43 adultos, y se registraron los siguientes datos: a) Longitud total del otolito (mm); b) Ancho del otolito (mm); c) Altura o espesor del otolito (mm), y d) Peso del otolito (g). Con estas medidas se determinó la relación existente entre las mismas y la longitud patrón del pez.

III.3.3 Inclusión, seccionamiento y pulido de otolitos

Una vez obtenidos los otolitos de juveniles y adultos se procedió a su procesamiento de acuerdo a la técnica utilizada por Beckman *et al.* (1990) para organismos de la familia Sciaenidae, así como la sugerida por Secor *et al.* (1990)

la cual consiste en incluir en resina epóxica (medio de Spurr) el otolito de acuerdo a Spurr (1969); también se realizaron inclusiones con resina epóxica comercial (Plásticos y Resinas de Hermosillo, Veracruz # 59 esq. Garmendia, Hermosillo, Sonora) ambas resinas ofrecieron buenos resultados, siendo esta última menos laboriosa en su preparación.

Posteriormente, los otolitos se seccionaron con una sierra lenta Isomet Buehler. Se realizaron dos tipos de cortes del otolito (Fig. 5): uno en forma transversal y otro en forma frontal de acuerdo a Secor *et al.*, (1990). De estos dos cortes, se utilizaron los cortes transversales puesto que es el tipo de corte que presenta mayor ventaja para la lectura de anillos de crecimiento en esciéndidos (Beckman *et al.*, 1990), siempre y cuando este corte pase por el centro incluyendo el surco, asegurando una mejor apreciación de los anillos y sus incrementos.

Los cortes tuvieron un grosor variable entre 0.7 mm a 1 cm . La sección obtenida fue montada en un portaobjetos con cemento termoplástico (Crystal Bond) y posteriormente fue pulida por ambos lados utilizando agua y pulidores en polvo de tamaño de grano de 220 para rebajar los cortes cuando era necesario y de 600 a 1200 para eliminar las marcas del corte y del pulido. Posteriormente se les dió un pulido final con micropulidor de aluminio (0.3 μm) adicionando un poco de agua.

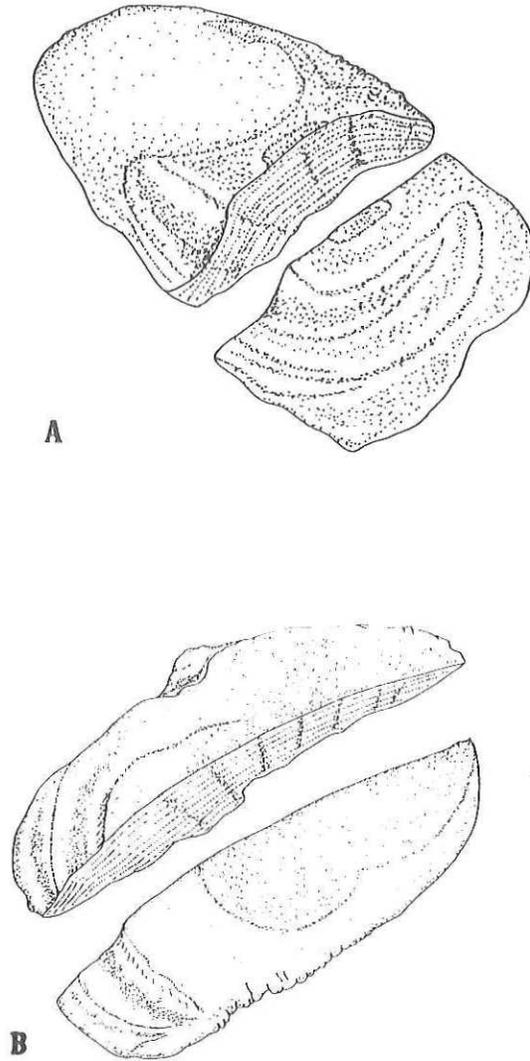


Figura 5. Cortes de otolitos, a) transversal, b) longitudinal

III.3.4 Medición de las secciones del otolito

Una vez que se obtuvieron las secciones delgadas de los otolitos, se midió el radio del otolito en tres diferentes ejes de crecimiento (Fig. 6) para conocer cual es la relación que existe entre el radio del otolito y la longitud patrón.

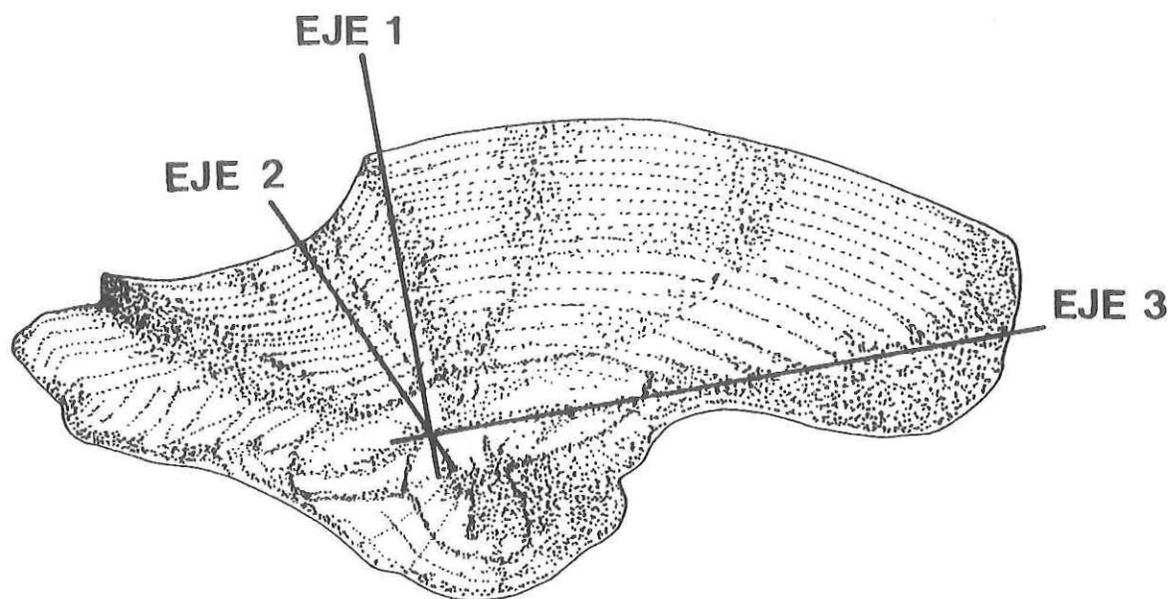


Figura 6. Ejes de medición de las secciones transversales de otolitos.

III.4 Procesamiento de datos

III.4.1 Frecuencia de tallas

Se obtuvieron histogramas de frecuencias de tallas global para cada año; histogramas mensuales para los meses de julio, agosto, septiembre, octubre de 1989; agosto, septiembre y octubre de 1990 y, julio y agosto de 1991. Así como un histograma de frecuencia de tallas global para adultos y juveniles durante todo el periodo de muestreo.

Con los datos de longitudes mensuales promedio se obtuvo la tasa de crecimiento para los juveniles de totoaba, en cada uno de los tres años de muestreo, mediante regresiones lineales. Se obtuvieron histogramas de frecuencia de tallas para ejemplares adultos durante la época reproductiva de los años de 1986, 1987; y 1989 a 1991.

III.4.2 Relación longitud-peso

Con los datos registrados de longitud y peso de adultos y juveniles se obtuvo la curva de la relación longitud-peso, de acuerdo a la ecuación:

$$P = a L^b \quad (1)$$

donde :

P = peso.

a = parámetro de ajuste de la curva (ordenada al origen).

b = coeficiente de crecimiento.

L = Longitud patrón.

III.4.3 Factor de condición

Se calculó el factor de condición con la finalidad de inferir si existen variación en la condición de los organismos juveniles capturados en las diferentes meses de muestreo. Así como la condición de los adultos durante la época reproductiva (febrero-abril).

Se utilizó el factor de condición de Fulton modificado o relativo (K_n) (Anderson y Gutreuter, 1983; Cone, 1989):

$$K_n = (P/a L^b) 100 \quad (2)$$

donde:

P = Peso de un individuo.

L = longitud patrón del pez.

a = parámetro de ajuste de la relación longitud-peso calculada para totoaba.

b = coeficiente de crecimiento calculado a partir de la relación longitud-peso para totoaba.

III.4.4 Relación tamaño del otolito-longitud patrón

III.4.4.1 Otolitos sin seccionar

Se realizaron pruebas para los modelos lineal, exponencial, potencial o multiplicativo, logístico y de Gompertz, para conocer a cual de estos modelos se ajustaba mejor la relación que existe entre las dimensiones del otolito antes de seccionarlo y la longitud patrón del pez. Estas relaciones se ajustaron mejor al modelo de Gompertz mediante las siguientes ecuaciones:

$$LP = Lo(\exp(G(1-\exp(-g * LTO)))) \quad (3)$$

$$LP = Lo(\exp(G(1-\exp(-g * AO)))) \quad (4)$$

$$LP = Lo(\exp(G(1-\exp(-g * EO)))) \quad (5)$$

donde:

LP = Longitud patrón del pez.

LTO = Longitud total del otolito.

AO = Ancho del otolito.

EO = Altura o espesor del otolito.

Lo = Longitud hipotética cuando la dimensión del otolito (LTO, AO, EO) es 0.

g = parámetro de crecimiento, que indica la tasa de decremento.

G = parámetro de crecimiento.

Además de las relaciones entre las dimensiones del otolito y la longitud patrón del pez, se obtuvo la ecuación alométrica para la relación entre el peso del

otolito (PO) y la longitud patrón del pez (LPP), la ecuación que describe esta relación es la siguiente:

$$PO = a LPP^b \quad (6)$$

donde :

PO = Peso del otolito.

LPP = Longitud patrón del pez.

a = parámetro de ajuste de la curva (ordenada al origen).

b = coeficiente de crecimiento.

III.4.4.2 Secciones de otolitos

La relación entre el eje del otolito y la longitud patrón del pez se ajustó al modelo de Gompertz mediante la siguiente ecuación:

$$LP = Lo(\exp(G(1-\exp(-g \cdot \text{Eje del otolito})))) \quad (7)$$

donde:

LP = Longitud patrón del pez.

Lo = Longitud hipotética cuando el eje del otolito es 0.

g = parámetro de crecimiento, que indica la tasa de decremento.

G = parámetro de crecimiento.

El eje del otolito puede ser 1, 2, ó 3 de acuerdo a la figura 5.

III.4.5 Edad y crecimiento individual

III.4.5.1 Modelo de von Bertalanffy

Una vez logrado el pulido adecuado, se procedió a hacer las observaciones de las preparaciones al microscopio estereoscópico con luz transmitida para leer los anillos de crecimiento y de esta forma determinar la edad. Un anillo opaco indica la etapa en la que el crecimiento fue rápido y un anillo hialino cuando el crecimiento fue lento (Blacker, 1974; Bagenal y Tesch, 1978; Morales Nin, 1987a). Posteriormente se obtuvo la curva de crecimiento en longitud mediante el modelo de von Bertalanffy a partir de la siguiente ecuación:

$$L_t = L_{inf} [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad (8)$$

donde:

L_t = Longitud calculada.

L_{inf} = Longitud máxima del pez.

K = coeficiente de crecimiento.

t = edad.

t_0 = Edad hipotética a la longitud 0.

También se obtuvo la relación longitud total-longitud patrón, ya que posteriormente sería útil para establecer la comparación entre las longitudes calculadas para el modelo de von Bertalanffy por otros estudios y el presente trabajo. Esta relación lineal se expresa de la siguiente manera:

Este método de retrocálculo también se utilizó para estimar la talla de individuos de edad intermedia entre los juveniles y los adultos colectados.

III.4.5.3 Validación Indirecta

El método utilizado para validación fue la lectura de otolitos de dos organismos que se mantuvieron en cautiverio y a los cuales se les administraron cuatro dosis CTC a razón de 250 mg por Kg del peso del pez (com. pers. D. Kent, Hubbs-Sea World Research Institute, San Diego, CA.)

IV. RESULTADOS

IV.1 Frecuencia de Tallas

Se obtuvo un histograma de frecuencia de tallas global para totoaba, el cual incluye juveniles y adultos durante todo el periodo de muestreo, de 1986 a 1991 (Fig. 7). En dicho histograma se aprecia que el grupo de juveniles es más numeroso que los adultos alcanzando los porcentajes más altos en cuanto a frecuencia de ocurrencia. Se observa un intervalo de talla modal entre los 200 y 225 mm, mientras que la moda individual fueron dos tallas: 220 y 250 mm las predominantes.

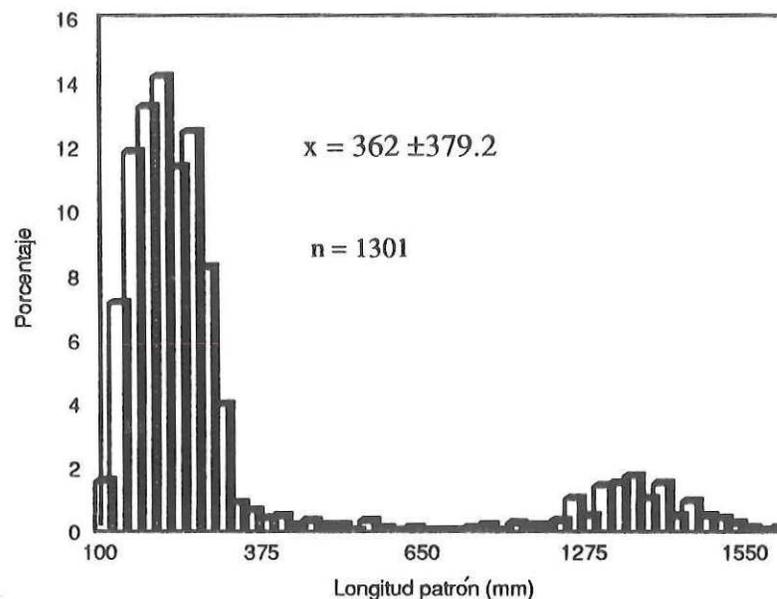


Figura 7. Frecuencia de tallas de juveniles y adultos durante el período de muestreo.

IV.1.1 Juveniles

Si se comparan los tres años de muestreo se observa que en las frecuencias de tallas existe una tendencia a que la talla promedio disminuya (Fig. 8). Lo anterior se debe a que en 1989 se colectaron organismos de dos clases de edad, lo cual no se repitió en ninguno otro de los años muestreados. El análisis de varianza mostró que sí existen diferencias significativas entre las tallas promedio de los tres años de muestreo ($F_{2,1122, 0.05} = 52.937$).

En la figura 9 se observan las frecuencias de tallas por meses para cada uno de los años de muestreo. Se aprecia que en 1989, en el mes de julio hay dos modas, por lo que en agosto hay una tendencia a que la talla promedio disminuya, mientras que en el resto de los meses de ese año, la talla promedio aumenta. Esta disminución de tallas de julio a agosto es debida a que en julio de ese año se capturó un grupo de individuos de tallas superiores a los 377 mm los cuales posteriormente se verá que corresponden a un grupo de edad mayor que el resto. A diferencia del año anterior, en los dos años posteriores que son 1990 y 1991, se observa que de un mes a otro la talla promedio aumenta.

Finalmente si comparamos las tallas promedio para un mismo mes durante los tres años, se observa que aunque sólo existe una marcada diferencia entre la talla promedio de julio de 1989 y julio de 1991, el análisis de varianza mostró que las diferencias entre los meses de muestreo si es significativa ($F_{3,1121, 0.05} = 256.081$).

Para conocer la tasa de crecimiento mensual de los juveniles de totoaba se realizaron regresiones lineales, mediante las cuales se obtuvieron las tasas de crecimiento para cada año de estudio (Fig. 10). Para el año de 1989 la tasa de crecimiento fue de 4.5 cm/mes ($r^2 = 0.80$), en el intervalo mensual de julio a octubre. La tasa de crecimiento durante 1990 fue de 4.1 cm/mes ($r^2 = 0.846$) para el período agosto a octubre.

El crecimiento de juveniles de totoaba para el año 1991 se obtuvo a partir de solamente dos valores, para julio y agosto respectivamente; la tasa de crecimiento fue de 2.6 cm/mes ($r^2 = 1.00$). No existen diferencias significativas entre las tasas de crecimiento obtenidas para los años de muestreo ($F_{2,3,0.05} = 1.876$)

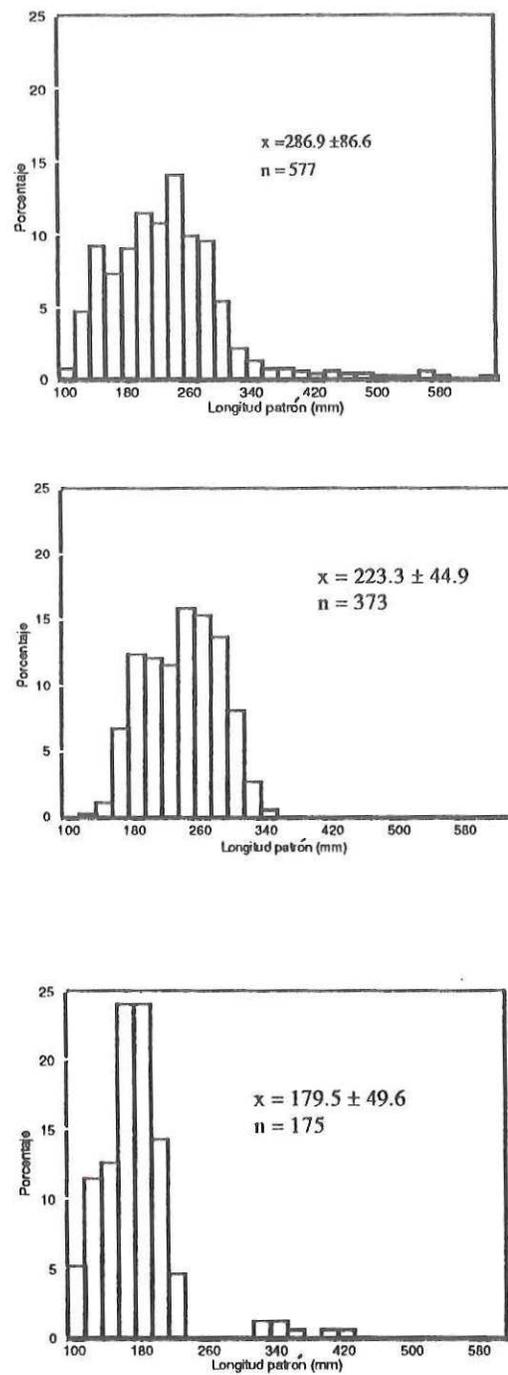


Figura 8. Frecuencia de tallas de juveniles por año de muestreo; A) 1989, B) 1990 y C) 1991.

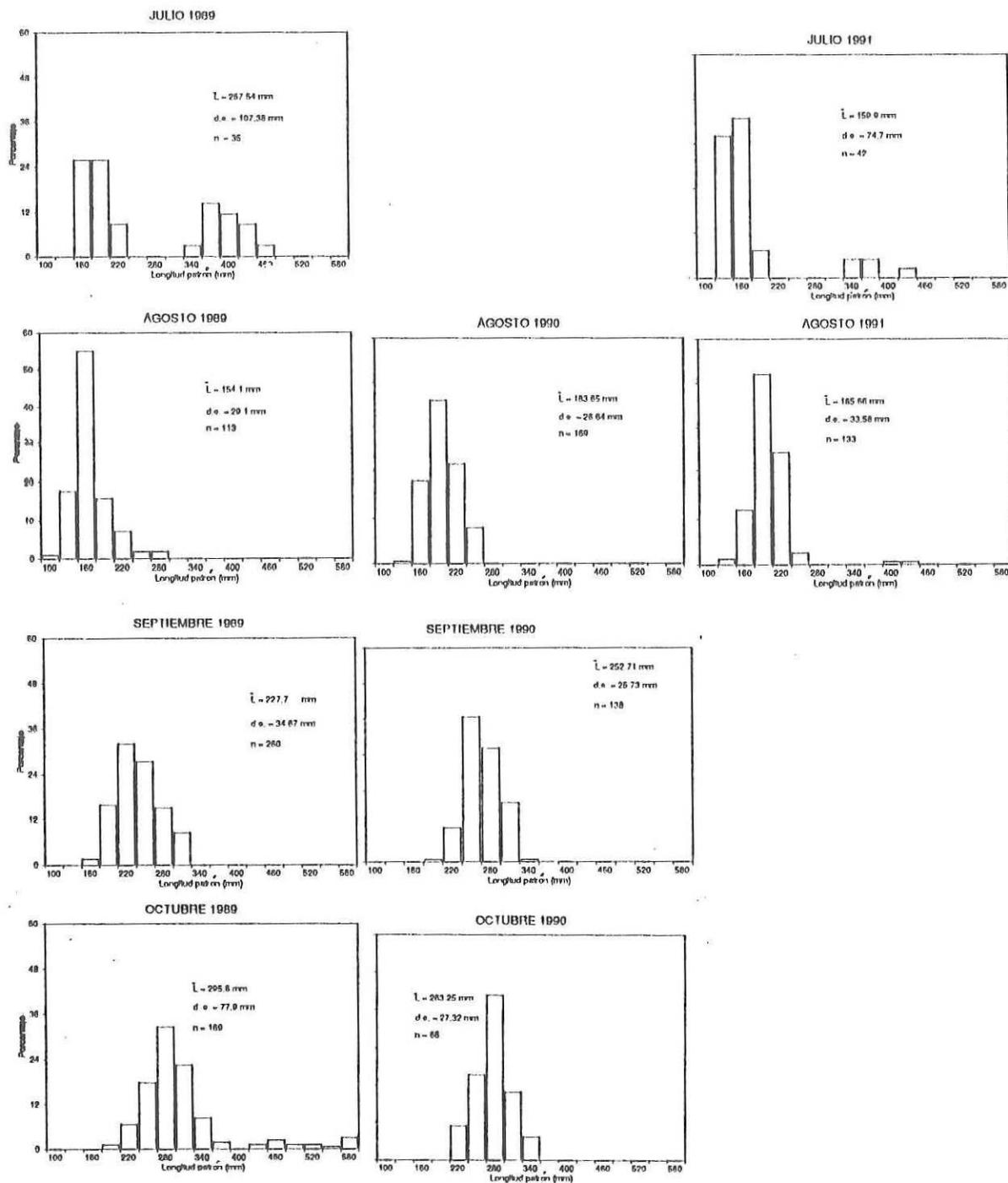


Figura 9. Frecuencia de tallas de juveniles por año y por mes; A) 1989, B) 1990 y C) 1991.

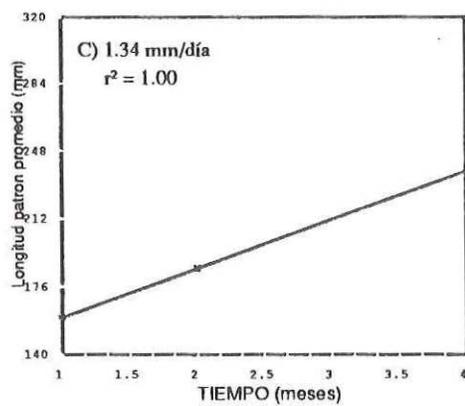
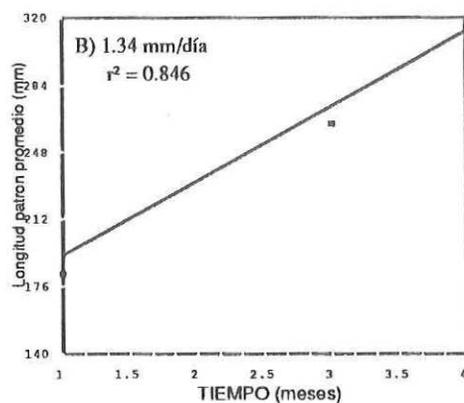
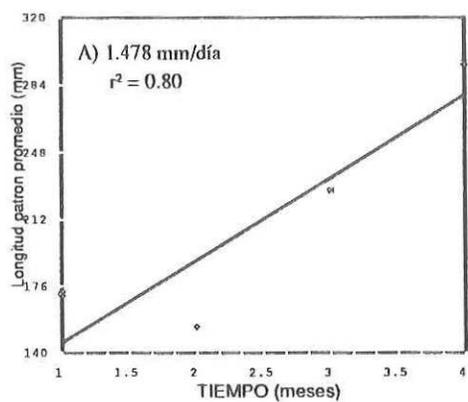


Figura 10. Tasas de crecimiento mensual de juveniles por desplazamiento de modas. A) 1989; B) 1990 y C) 1991.

También se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de juveniles en cautiverio a partir de los incrementos mensuales durante dos años de permanencia en un acuario. En la Tabla I se muestran las tallas iniciales y finales de estos individuos cuya tasa de crecimiento promedio fue de 2.8 cm/mes.

Tabla I. Datos merísticos de tres juveniles en cautiverio

Organismos	L. P. Inicial (mm)	L.P. final (mm)
1	280	700
2	390	510
3	350	740

IV.1.2 Adultos

La figura 11 muestra la frecuencia de tallas para los adultos de totoaba durante seis años de muestreo, esta talla promedio fluctuó entre los 1328 y 1394mm. Sólo en el año 1986 se registraron individuos de tallas superiores a los 1600 mm.

Aunque no se observa una tendencia clara a la disminución de tallas entre los cinco años de muestreo, la talla promedio calculada para 1989 ($X = 1394 \pm 79.9$), difiere significativamente del resto de las tallas promedio en los otros años ($F_{4,186,0.05} = 3.646$).

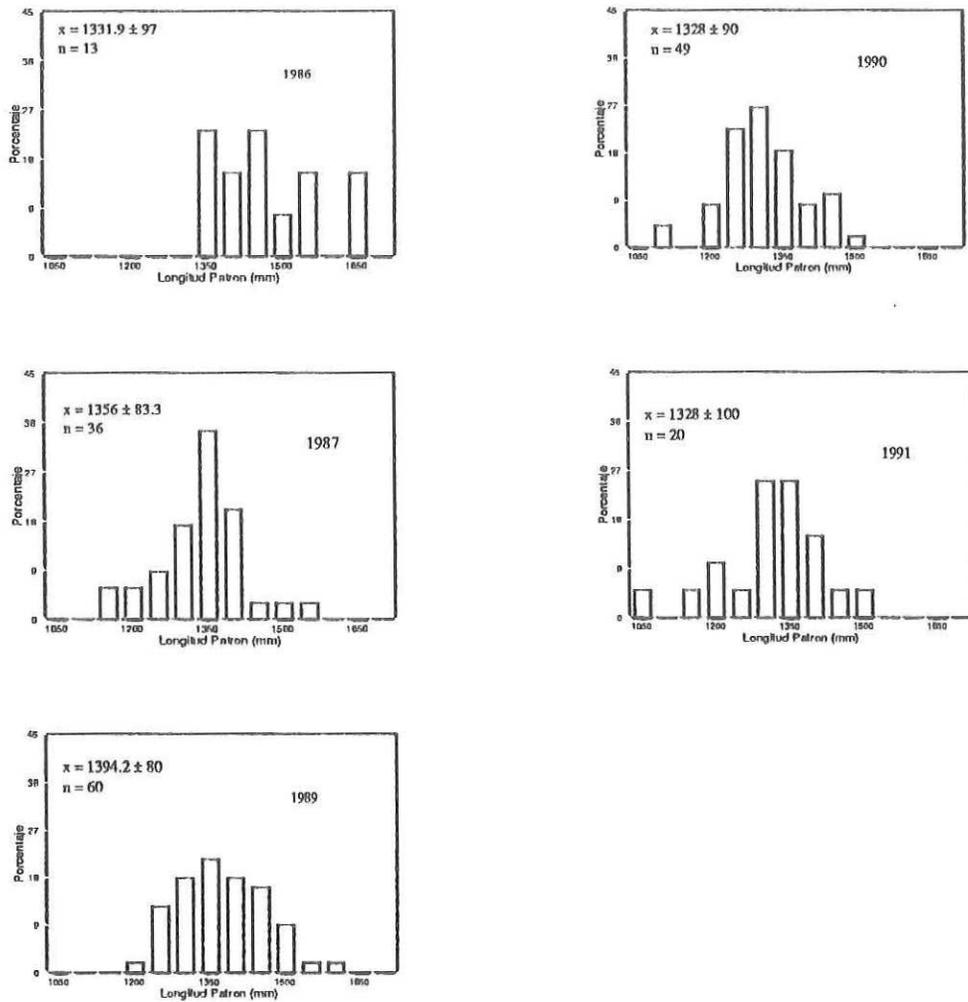
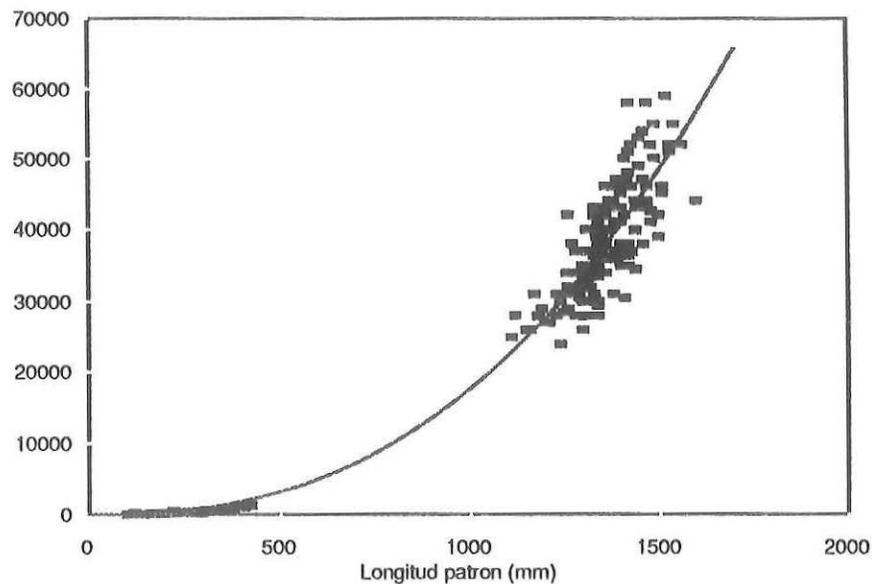


Figura 11. Frecuencia de tallas de adultos por año de muestreo.

IV.2 Relación Longitud-peso

La relación longitud-peso (Fig. 12) para totoaba tanto adultos como juveniles se ajustó a la ecuación alométrica ($R^2 = 0.98$, $n = 705$). De acuerdo al coeficiente de crecimiento obtenido ($b = 2.5$) la totoaba crece isométricamente.



$$P = 6.46 \times 10^{-4} Lp^{2.5}, r^2 = 0.98, n = 705$$

Figura 12. Relación longitud-peso para totoaba.

IV.3 Factor de Condición

Se calculó el factor de condición de Fulton modificado por separado para adultos y juveniles. Las figuras 13 a y b muestran los factores de condición promedio de juveniles y adultos respectivamente en los meses y años de muestreo. Se observa que para el caso de los juveniles el factor de condición más alto fue en el mes de agosto de 1991, mientras que el más bajo se presentó en el mes de julio de 1991 (Fig. 13a).

En el caso de los adultos el factor de condición (Fig. 13 b) más bajo se presentó durante la temporada reproductiva de 1989, en el mes de abril y el más alto durante las temporadas reproductivas de 1986 y 1987 (febrero y abril).

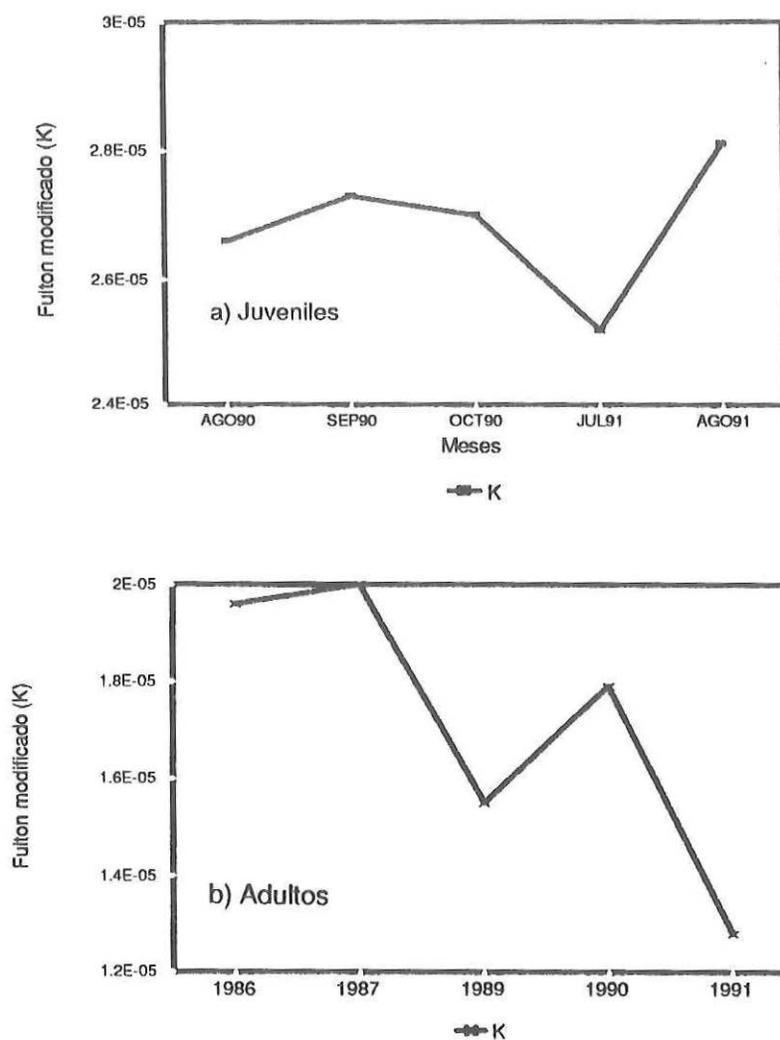
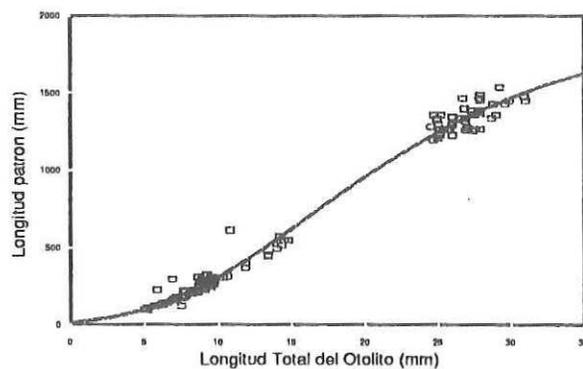


Figura 13. Factor de condición para a) juveniles y b) adultos de totoaba.

IV.4 Relación tamaño del otolito-longitud patrón del pez

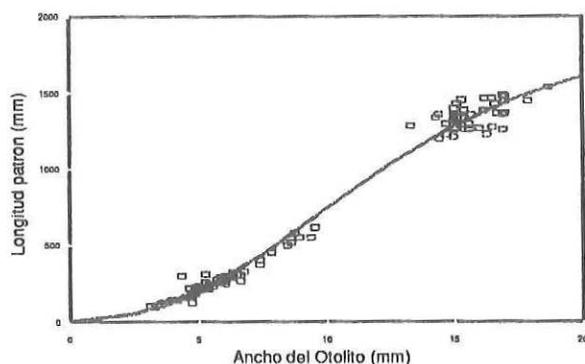
IV.4.1 Otolitos sin seccionar

La relación mejor ajustada de las dimensiones del otolito, antes de seccionar, con respecto a la longitud patrón del pez, se obtuvo mediante el modelo de Gompertz. Se obtuvieron las ecuaciones para la relación entre tres dimensiones del otolito y la longitud patrón del pez, éstas fueron: Longitud total del otolito (LTO), ancho del otolito (AO) y altura o espesor del otolito (EO) (Figs. 14a, b, y c respectivamente).



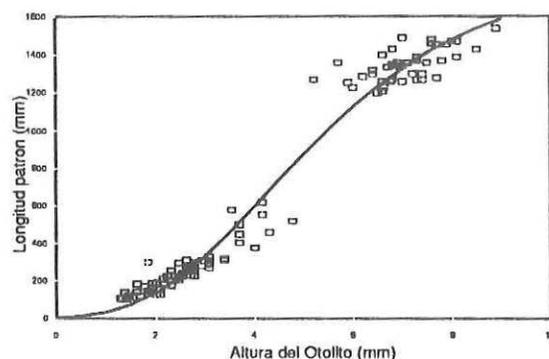
$$a) L_p = 16.91 * \exp(4.7(1 - \exp(-0.96 * LTO)))$$

$$r^2 = 0.99, \quad n = 119$$



$$b) L_p = 8.53 * \exp(5.4(1 - \exp(-0.17 * AO)))$$

$$r^2 = 0.98, \quad n = 119$$

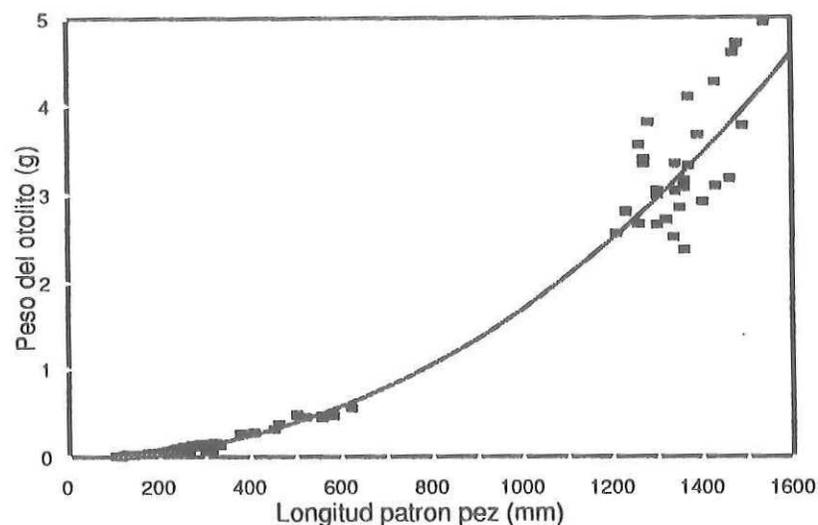


$$c) L_p = 4.2 * \exp(6.06(1 - \exp(0.424 * EO)))$$

$$r^2 = 0.97, \quad n = 119$$

Figura 14. Modelo de Gompertz ajustado a la relación entre la longitud patrón de totoaba y a) LTO; b) AO y c) EO.

También se determinó la relación entre la longitud patrón del pez (LPP) y el peso del otolito (PO) (Fig.15). Dicha relación quedó representada por la ecuación alométrica, y el coeficiente de crecimiento para esta relación indica que el crecimiento en peso del otolito con respecto de la longitud patrón del pez no es isométrico ($b = 2.11$)



$$PO = 7.58 \times 10^{-7} L_p^{2.11}$$

$$r^2 = 0.96, \quad n = 111$$

Figura 15. Relación entre la longitud patrón de totoaba y el peso del otolito.

IV.4.2 Secciones de otolitos

El total de los otolitos seccionados fue de 119 incluyendo ejemplares adultos y juveniles, de éstos, sólo 104 fue posible utilizar para la determinación de edad debido a la precisión del corte. La lectura de los otolitos se realizó tres veces por una misma persona y por una segunda persona una vez más para corroborar la edad, se obtuvo un 80% de concordancia en las lectura, siguiendo el criterio de Beamish y Fournier (1981), por lo que se consideraron adecuadas.

Con respecto a los organismos juveniles de tallas entre 100 y 377 mm de longitud patrón ($L. P_{prom} = 218 \text{ mm}, \pm 65.08$), se determinó que pertenecieron a

la clase de edad 0+ (Fig. 16A). Los peces entre 378-620 mm, pertenecieron a la clase de edad 1+ (L.P.prom = 504.7 mm, ± 71.45 ; Fig.16B). Solo se capturó un individuo del grupo de edad 2+ de L.P.= 740 mm, que corresponde a uno de los individuos marcados con CTC (Tabla II; Fig. 22C).

El resto de los otolitos seccionados correspondieron a un ejemplar subadulto de la clase de edad 3+ (Fig. 17A) y adultos entre las clases de edad 7+ y 24+ (Tabla II, Fig. 17B). También se puede apreciar la clave de edad-longitud en la tabla III.

Tabla II. Grupos de edades y longitud patrón (mm) de totoaba a) observadas; b) von Bertalanffy y c) retrocalculadas. número de organismos (n); desviación estandar (d.e.)

Edad	n	a	d.e.	b	c
0+	66	217.9	65.08	314.1	422.5
1+	10	504.72	71.45	536.0	627.5
2+	1	740	0	712.1	797.0
3+	1	1080	0	852.0	966.7
7+	1	1260	0	1176.4	1207.8
10+	1	1271	0	1283.2	1291.2
12+	2	1363	27	1322.7	1324.6
13+	4	1330	83.96	1336.6	1344.7
14+	5	1307	78.71	1347.6	1349.0
15+	3	1340	21.91	1356.3	1361.8
16+	1	1380	10	1363.3	1370.3
17+	1	1300	0	1368.8	1373.2
19+	2	1380	100	1376.6	1385.3
21+	1	1475	15	1381.6	1397.9
24+	1	1453	0	1385.8	1404.0
25+	1	1441.5	11.5	1386.7	-
Total	101				

TABLA III. CLAVE EDAD-LONGITUD PARA TOTOABA

L.P. (mm)	EDAD													Total			
	0	1	2	3	7	10	12	13	14	15	16	17	19		21	24	
100-370	1098																1098
377-640	27																27
740-749		1															1
1080-1089			1														1
1200-1210					1												1
1240-1249																	0
1260-1269						1											2
1270-1279						1	2										3
1280-1289													1				1
1300-1309								1		1							3
1320-1329											1						1
1330-1339																	1
1340-1349										2							2
1350-1359									1								1
1360-1369										2							2
1370-1379											1						1
1390-1399												1					1
1430-1439																	1
1450-1459																	1
1470-1479								1							1		1
1480-1489																	1
1490-1499													1				1
Total														1			1152

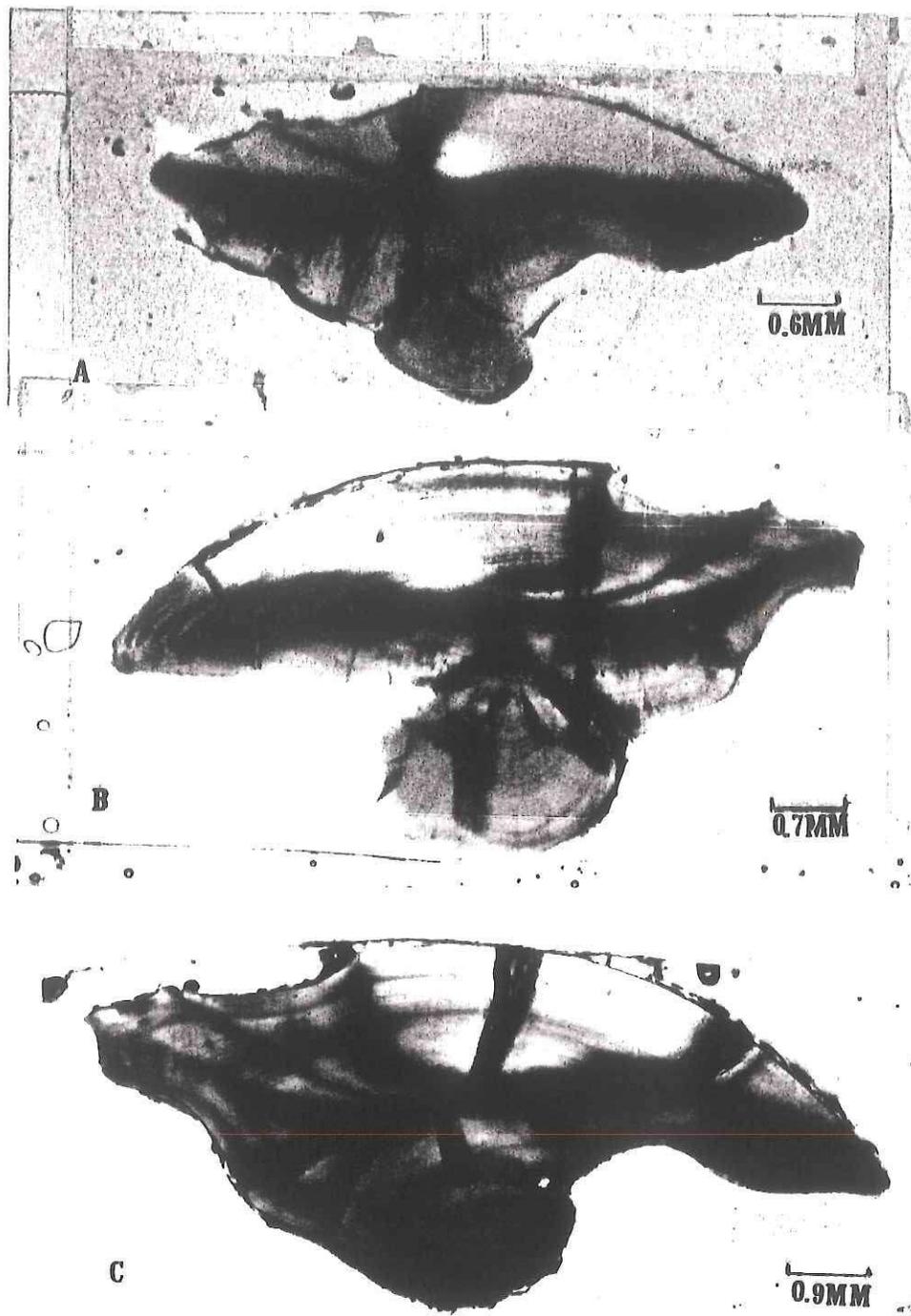


Figura 16. Cortes de otolitos de juveniles de totoaba de edades 0+ (A), 1+ (B) y 2+ (C).

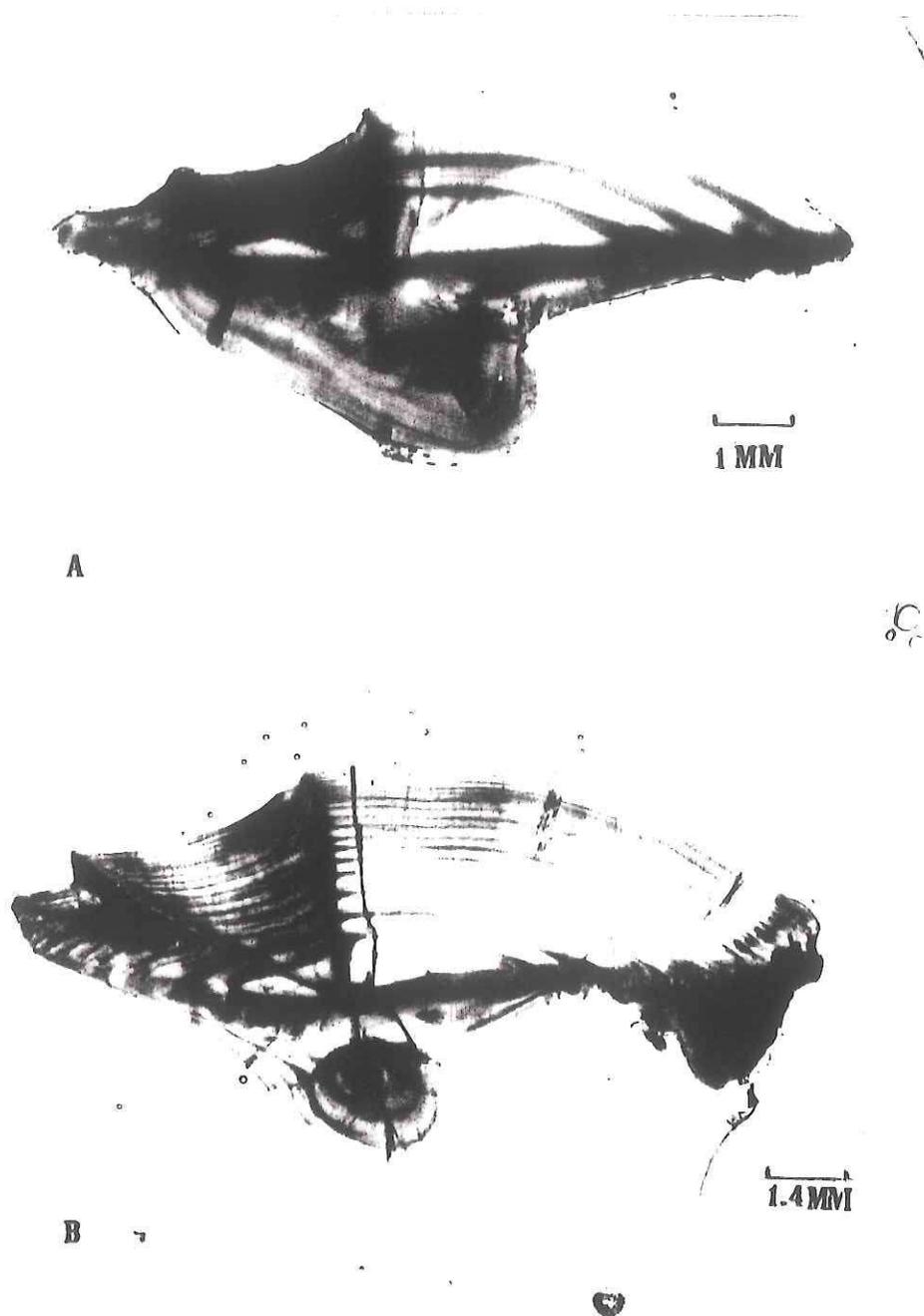
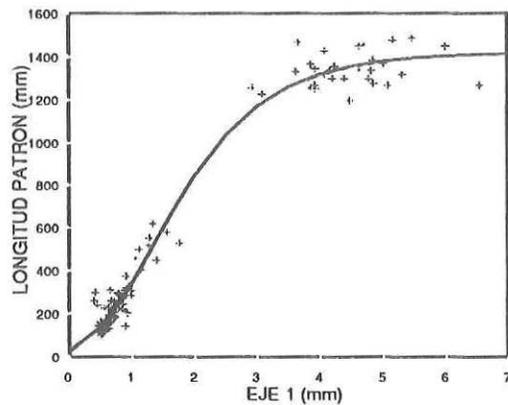


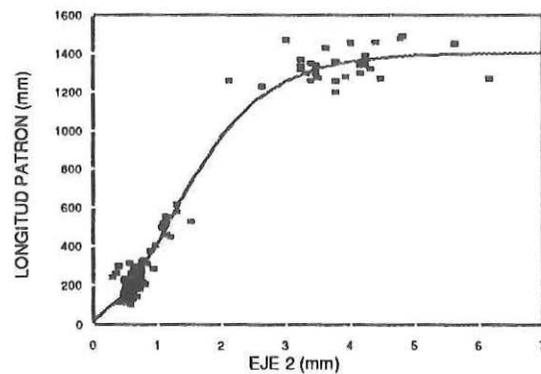
Figura 17. Cortes de otolitos de A) subadulto y B) adulto de totoaba.

Se midieron tres ejes de los otolitos seccionados (ver Fig. 6), la relación entre la medida obtenida desde el centro del otolito hacia cada uno de los ejes con la longitud patrón del pez. En este caso también el mejor ajuste fue con el modelo de Gompertz, siendo los ejes 1 y 2 los que mejor se ajustan a dicho modelo ($R^2 = 0.98$ para ambos caso, Fig.18a y b).



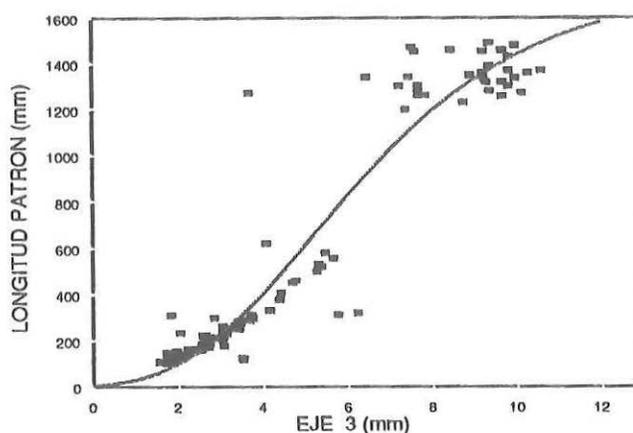
$$a) Lp = 30.9 * \exp (3.8(1-\exp (0.998 * \text{eje } 1)))$$

$$r^2 = 0.98, \quad n = 94$$



$$b) Lp = 25.7 * \exp (4(1-\exp (1.19 * \text{eje } 2)))$$

$$r^2 = 0.98, \quad n = 94$$



$$c) L_p = 6.6 * \exp(5.57(1 - \exp(-0.33 * \text{eje } 3)))$$

$$r^2 = 0.90, \quad n = 94$$

Figura 18. Modelo de Gompertz ajustado a la relación entre el eje de crecimiento del otolito y la longitud patrón de totoaba. a) Eje 1; b) Eje 2 y c) Eje 3.

IV.5 Edad y Crecimiento individual

IV.5.1 Modelo de von Bertalanffy

Los datos de edades de totoaba se ajustaron al modelo de von Bertalanffy ($R^2 = 0.98$, $n = 104$), la Figura 19 presenta una comparación de este modelo obtenido por diferentes autores y el presente estudio. Se observó que el intervalo en el cual el incremento en talla empieza a decrecer es el intervalo de los seis y siete años, localizándose en este intervalo, el punto de inflexión de la curva el cual indica la talla de primera madurez calculada alrededor de 1150 y 1200 mm. Los parámetros de la ecuación del crecimiento individual en totoaba para el presente fueron los siguientes: $L_{inf} = 1390$ cm; $K = 0.231$ y $t_0 = -1.10$ y la edad máxima calculada fue de 25 años.

Mediante este modelo de von Bertalanffy se obtuvo que la tasa de crecimiento mensual en el primer año de vida, que es la que corresponde a la mayoría de los juveniles utilizados en este estudio, fue de 2.63 cm/mes, mientras que para adultos se calculó una tasa de crecimiento promedio de 1.37 cm/año (Tabla IV).

Tabla IV. Tasas de crecimiento promedio para totoaba calculadas por a) desplazamiento de modas (sólo juveniles), b) von Bertalanffy y c) retrocálculo.

	a	b	c
Juveniles (cm/mes)	3.6	2.63	0.89
Adultos (cm/mes)	-	1.371	5.67

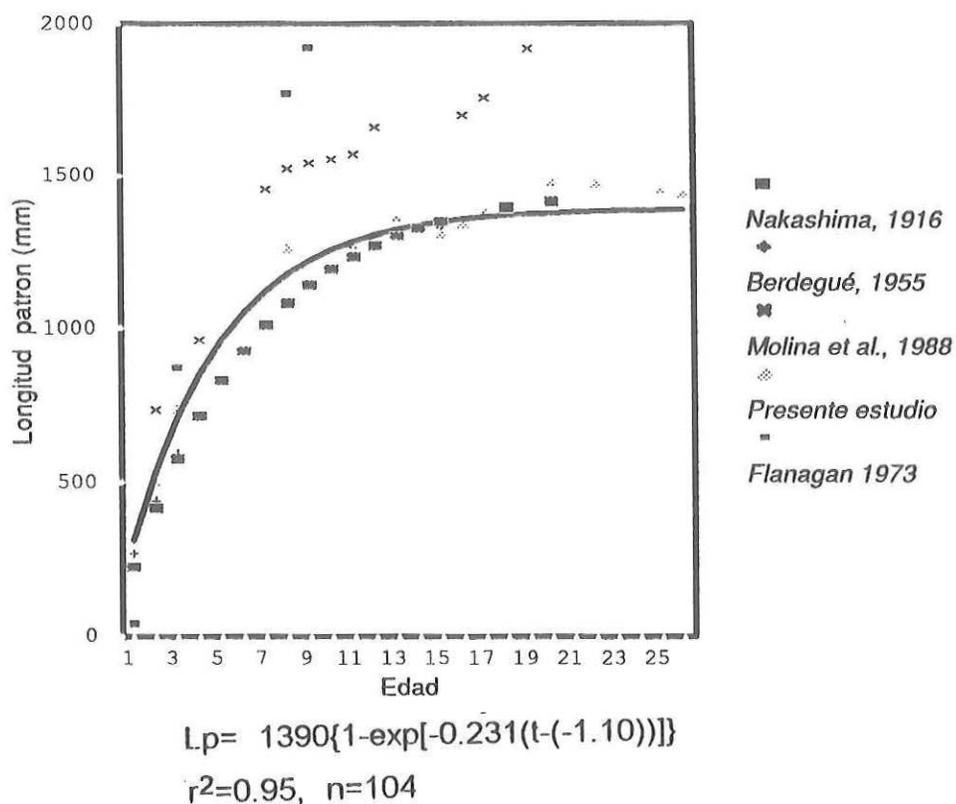


Figura 19. Comparación de curvas para el modelo de von Bertalanffy ajustado a las edades de totoaba. A) Nakashima (1916); B) Berdegué (1955); C) Flanagan (1973); D) Molina *et al.*, (1988) y E) Presente estudio.

Para hacer comparativos las curvas del modelo de von Bertalanffy se obtuvo la ecuación de la relación entre la longitud patrón y la longitud total, la cual se muestra en la figura 20.

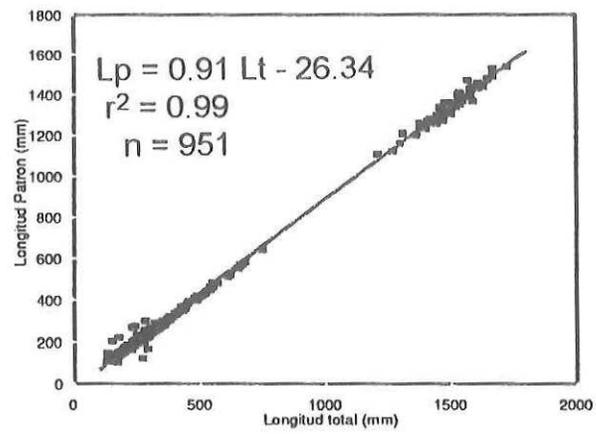
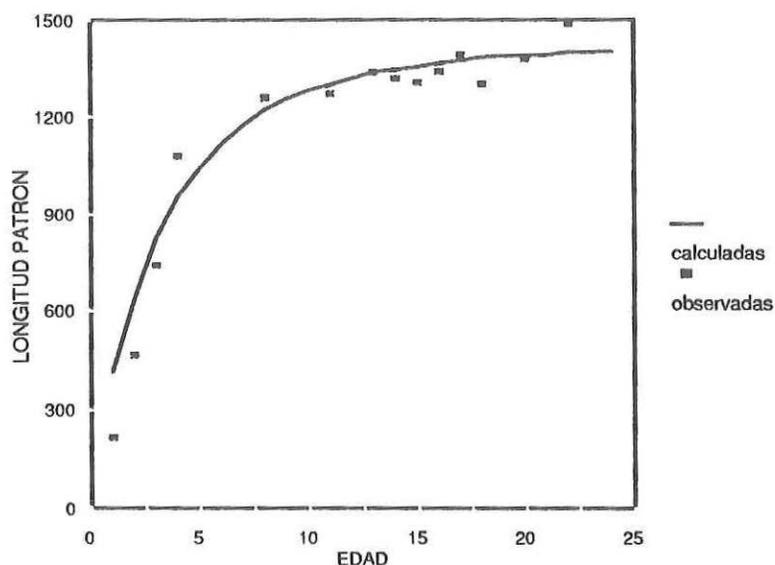


Figura 20. Relación longitud patrón-longitud total para totoaba.

IV.5.2 Retrocálculo

Para poder realizar el retrocálculo se utilizaron 101 cortes de otolitos, 78 de ejemplares juveniles de edades 1+, 2+ y 3+, y 23 de ejemplares adultos de edades entre 7+ y 24+. Las tallas calculadas mediante el retrocálculo se presentan en la Tabla V y la curva calculada en la figura 21.

En este caso la tasa de crecimiento promedio calculada a partir de las longitudes obtenidas por retrocálculo fue de 0.895 cm/mes para los juveniles del primer año de vida. En el caso de los adultos se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 5.67 cm/año.



$$L_p = 30.9 * \exp(3.8(1 - \exp(0.998 * \text{longitud anillo})))$$

$$r^2 = 0.98, \quad n = 94$$

Figura 21. Longitudes calculadas por retrocálculo y observadas para totoaba.

Tabla VI. Longitudes patrón (mm) retrocalculadas para Totoaba

ORDENAD	L.P.P.	D.E.	N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
0	216.5	32.5	66	708.7																									
1	465.92	70.7	10	592.4	798.9																								
2	740	0	1	215.7	341.5	658.8																							
3	1080	0	1	166.2	467.7	698.8	1212.9																						
4	0	0	0																										
5	0	0	0																										
6	1260	0	1	346.3	550.9	713.6	861.1	972.6	1054.1	1101.4	1143.3																		
7	0	0	0																										
8	0	0	0																										
9	0	0	0																										
10	1271	0	1	447.0	752.2	927.0	1041.4	1123.0	1180.4	1212.9	1241.3	1266.1	1292.5	1301.8															
11	0	0	0																										
12	1336	27	2	370.9	582.1	723.3	839.4	942.5	1015.0	1078.4	1125.6	1169.3	1195.1	1216.7	1238.0	1260.2													
13	1318	78.84	4	331.8	602.7	803.5	934.8	1051.0	1123.0	1205.2	1255.7	1286.0	1320.4	1337.7	1353.4	1361.7	1371.0												
14	1304	81.14	5	441.9	658.8	856.8	983.5	1080.3	1117.7	1162.5	1203.2	1247.8	1254.1	1271.7	1287.6	1300.6	1321.3	1329.4											
15	1340	21.91	4	472.9	668.9	878.1	994.2	1072.5	1143.3	1195.1	1232.9	1260.2	1287.6	1305.1	1320.4	1332.0	1340.0	1350.1	1358.9										
16	1390	0	1	462.5	808.1	938.7	1021.7	1069.5	1135.9	1188.9	1244.6	1278.5	1298.4	1314.5	1328.6	1347.3	1357.1	1361.7	1365.5	1376.8									
17	1300	0	1	289.4	346.3	509.3	673.9	789.8	894.7	987.1	1066.4	1123.0	1162.5	1197.2	1241.3	1266.1	1287.6	1310.4	1325.9	1336.1	1339.3								
18	0	0	0																										
19	1380	100	2	488.4	737.8	873.9	994.2	1090.1	1160.1	1211.0	1255.7	1285.0	1316.5	1336.9	1352.7	1362.3	1369.6	1381.5	1383.6	1391.6	1394.5	1396.8	1381.5						
20	0	0	0																										
21	1490	0	1	421.4	562.1	757.0	907.0	1021.7	1115.0	1186.9	1218.5	1244.6	1268.9	1288.8	1318.4	1329.4	1341.5	1350.1	1357.1	1361.7	1371.5	1376.8	1379.6	1382.6	1395.9				
22	0	0	0																										
23	0	0	0																										
24	1450	0	1	582.1	906.9	1021.7	1135.8	1188.9	1232.8	1278.5	1298.4	1314.5	1329.4	1341.5	1352.1	1361.7	1369.6	1372.8	1379.6	1385.3	1387.6	1392.2	1394.9	1397.6	1399.8	1400.6	1403.3	1404.0	
FROM FONDA	422.5	627.5	797.0	965.7	999.2	1070.6	1164.5	1207.8	1248.5	1272.5	1291.2	1310.3	1324.6	1344.7	1349.0	1361.8	1370.3	1375.2	1380.6	1385.3	1390.1	1397.9	1400.6	1403.3	1404.0				
D.E.	138.7	162.5	132.7	134.6	108.3	86.8	76.4	65.3	56.0	52.2	47.3	42.7	37.9	27.2	20.6	18.8	19.8	21.3	8.6	6.8	7.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
INCL ANUAL	204.99	169.45	170.04	32.20	71.42	93.90	43.24	40.73	24.01	42.67	19.07	14.34	28.09	4.24	12.80	8.54	2.87	15.37	-3.24	4.77	7.76	2.73	2.70	0.70					

IV.5.3 Validación indirecta

Los otolitos de dos de los individuos utilizados en el experimento de marcado con CTC, no presentaron las marcas esperadas. Solo se contaron y midieron los anillos de crecimiento que eran evidentes después de cortar y pulir los otolitos (Fig. 16 B y C). Los otolitos de un ejemplar se encontraban descalcificados, por lo tanto no fue posible cortarlos y pulirlos para buscar la marca de OTC (Fig. 22 A y B).

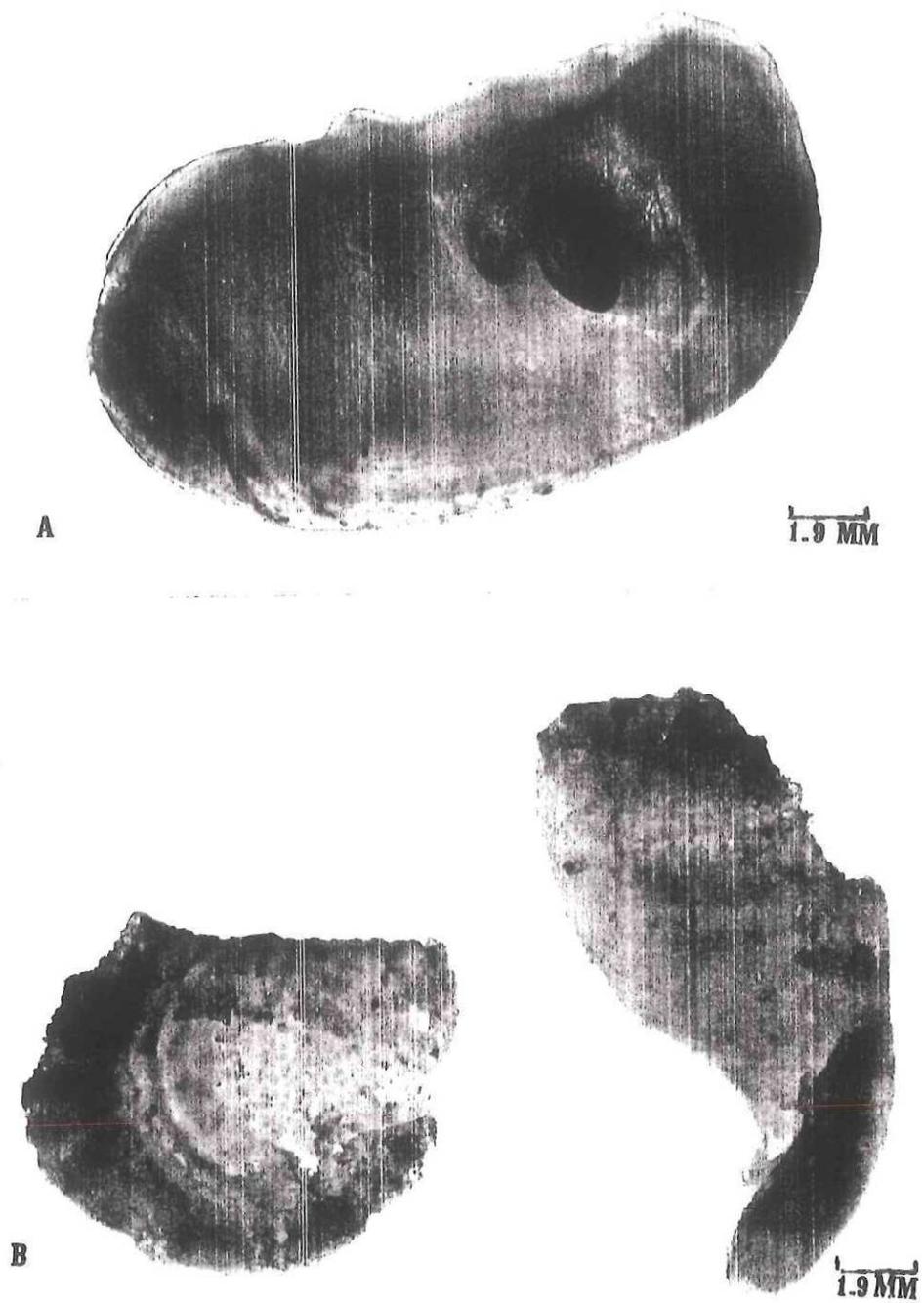


Figura 22. Otolito normal de juvenil de totoaba (A) y otolito descalcificado (B).

V. DISCUSION

La estructura de tallas de los juveniles es semejante para todos los años de muestreo predominando el mismo intervalo de edad durante los mismos meses de cada año; aún cuando en cada año se observa un aumento de talla progresivo de julio a octubre, dicho aumento no es igual en cada año de muestreo, ya que el análisis de varianza para la longitud patrón así lo indica. De igual forma el análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre la longitud patrón para los meses de los diferentes años.

Lo anterior se explica por una parte porque en la estructura de tallas de 1989 y 1991 existen dos clases de edad mientras que en 1990 la estructura de tallas corresponde a una sola clase de edad. Lo anterior se aprecia si comparamos los histogramas de frecuencias de tallas de los tres años de muestreo, ya que en 1989 y 1991 encontramos organismos de tallas mayores a los 380 mm de longitud patrón, que no aparecen en 1990 y que corresponden a la clase de edad 1+. Este grupo de organismos fue colectado alrededor de la Roca Consag, zona en la cual no es frecuente que se realicen arrastres de camarón y la cual, al parecer funciona como área de permanencia temporal de organismos de tallas intermedias entre adultos y juveniles, los cuales tienen preferencia por habitats de tipo rocoso y que de acuerdo a comentarios de pescadores son capturados frecuentemente en pesca deportiva de la zona.

Por otro lado es posible explicar la diferencia entre las longitudes patrón de un mismo mes en los tres años porque cabe la posibilidad de que la eclosión se

dé a diferentes tiempos si consideramos que la totoaba es un desovante único y los desoves ocurren desde el inicio de la temporada reproductiva, en febrero, hasta finales de abril (Barrera 1992). Respecto a lo anterior es interesante señalar que en el mes de agosto de 1989 se presentaron dos intervalos de tallas entre 70 y 100 mm, y 100 y 130 mm que no aparecen en el mes de julio del mismo año. Y también se presentó traslape de las tallas más pequeñas (100 - 130 mm) en los meses de julio y agosto de 1991.

También existe el hecho de que las tasas de crecimiento durante cada año pueden variar por factores externos como se observa en el caso de otros esciánidos (Hansen, 1969). En este estudio el análisis de covarianza no mostró diferencias significativas entre las tasas de crecimiento de los tres años (ver Fig. 10), es decir, la velocidad a la que incrementan su talla es semejante y esto es independiente de si los individuos de una cohorte son más grandes que los de otra.

Las diferentes tasas de crecimiento de los juveniles obtenidas por desplazamiento de modas fueron más cercanas a las obtenidas por von Bertalanffy y a las obtenidas para organismos en cautiverio, pero no a la obtenida por retrocálculo. Estas diferencias de las tasas de incremento por retrocálculo, probablemente se deban a que la obtención de las mismas fue a partir de organismos adultos y los anillos de crecimiento de los adultos de más edad están tan contiguos que la tasa de crecimiento es mínima y ésta afecta al valor promedio de tasas de crecimiento pasadas, por ejemplo la del primer año de vida.

Al hacer una comparación de la determinación de edad por medio de escamas de los trabajos de Nakashima (1916), Berdegué (1955) y Molina *et al.* (1988), y el presente estudio con otolitos (Tabla VI), se observa que la mayor diferencia se presenta principalmente en las edades estimadas para adultos en el trabajo de Nakashima (1916) en el cual se subestima la edad de organismos de las tallas más grandes; mientras que en el trabajo de Molina *et al.* (1988) se observa una ligera sobreestimación de la edad. Esta diferencia es notoria aún cuando se realizó la conversión de longitud total a longitud patrón para los trabajos de Nakashima (1916) y Molina *et al.* (1988), ya que esto no debería representar mayor problema puesto que la relación entre la longitud patrón y la longitud total de totoaba se describe por un modelo de regresión lineal donde el coeficiente de regresión ($R^2 = 0.998$) nos indica una estrecha relación entre ambas.

Tabla VI. Cuadro comparativo de los parámetros del modelo de von Bertalanffy para totoaba.

Autor	K	Linf	to	Edad (max)
Nakashima (1916)	-	1980	-	9
Berdegue (1955)	-	1330	-	15
Flanagan (1973)	0.16	1467	-	20
Molina <i>et al.</i> (1988)	0.118	1920	-2.264	19
Este estudio	0.231	1390	-1.10	25

Con respecto al trabajo de Berdegué (1955) y el modelo ajustado para este estudio, se observan edades muy semejantes para las mismas tallas con la diferencia de que Berdegué (1955) reporta como edad máxima 15 años. Flanagan (1973) en la revisión que hace de las edades calculadas por Berdegué (1955), mencionó que " las observaciones de longitud de peces de pesca comercial tiende a mostrar que Berdegué subestima el crecimiento en totoaba o que subestima la edad máxima", con base en este estudio con otolitos, considero que Berdegué, más que subestimar el crecimiento (talla máxima), subestima la edad si tomamos en cuenta que la talla promedio de los organismos más longevos difícilmente rebasa los 1600 mm de longitud patrón como la misma Flanagan (1973) lo menciona.

Las edades calculadas en el presente trabajo se aproximan a las edades que se mencionan en el informe del taller para la evaluación del estado biológico de la totoaba (Miller, 1979), en el cual se cita que en estudios con otolitos se calculan edades de 20 años para individuos entre 1520 a 1820 mm y que el reclutamiento al stock reproductivo al parecer es a los seis años, coincidiendo de manera más cercana con este estudio.

Las diferencias encontradas con los estudios arriba mencionados puede deberse a que la determinación de edad de organismos longevos por medio de escamas se subestima, como lo mencionan Beamish y Mc Farlane (1987) y al parecer es lo que sucede en el estudio realizado por Nakashima (1916). Lo anterior es factible ya que, por un lado las escamas son difíciles de leer en los anillos cercanos al borde y además cabe la posibilidad de utilizar escamas

regeneradas. Berdegué (1955) menciona la existencia de estos dos problemas en el estudio de la totoaba. En otros trabajos para esciánidos en los que se ha trabajado con escamas, mencionan que es fácil su lectura cuando la especie tiene un tiempo de vida corto como en el caso de algunas especies de *Cynoscion* (De Vries, D. A. y Chitteden Jr., 1982; Villamar, 1982).

En las longitudes patrón retrocalculadas para totoaba, se presentó el fenómeno de Rosa Lee, ya que las longitudes patrón retrocalculadas fueron en su mayoría más pequeñas que las longitudes promedio de los organismos a partir de las cuales se calcularon, lo anterior puede deberse a que los organismos utilizados para el retrocálculo son longevos (Bagenal y Tesch, 1978). Además la presencia del fenómeno de Rosa Lee, puede estar indicando que los organismos que actualmente se reclutan al stock reproductivo son de tallas más pequeñas que aquellos que se mencionan en la literatura (Flanagan y Hendrickson, 1976), y que los adultos de longitudes cercanas a los de 2 m, son esporádicos.

Como fue mencionado, la talla máxima para este estudio fue de 1780 mm y la talla promedio de 1400 mm, además de que en observaciones personales en muestreos de años posteriores (1991 a 1993) no se han registrado organismos de tallas mayores a los 1500 mm de longitud patrón en el área reproductiva de esta especie, aún cuando el arte de pesca utilizado sigue siendo la red agallera de 10' a 12' igual que desde hace más de 20 años.

De acuerdo a la curva de la relación longitud-peso para este estudio la cual incluye adultos y juveniles, el coeficiente de crecimiento (b), es cercano a 3 lo cual

De acuerdo a la curva de la relación longitud-peso para este estudio la cual incluye adultos y juveniles, el coeficiente de crecimiento (b), es cercano a 3 lo cual indica que el crecimiento en esta especie es isométrico. Los valores de " b " mostraron no ser significativamente diferentes de 3 ($t= 0.227$, $[\alpha=0.05]$). En este estudio no se presentan las relaciones longitud-peso para sexos separados ya que en etapa juvenil aún cuando está diferenciado el sexo, esto no es identificable de forma macroscópica, sino que, hay que recurrir a la técnica de cortes histológicos.

Al sólo utilizar los pesos y tallas de los adultos se observa que existe una gran dispersión de los datos y se obtienen valores del coeficiente de crecimiento que indican un crecimiento alométrico. No es precisamente que el crecimiento en la etapa adulta sea alométrico sino que la relación longitud-peso se ve afectada por la variación intrínseca que existe en esta parte de la población donde el crecimiento se reduce al mínimo y la variabilidad entre las proporciones de los individuos es grande; es decir aunque se dice que en general las hembras de totoaba son más grandes que los machos (Arvizu y Chávez, 1972) existen organismos, independientemente del sexo, que son más largos, o más robustos ó más flacos.

Aunado a esto hay que considerar que en la época reproductiva la variación en el peso es grande, así también lo menciona Flanagan (1973) quien concordó en que la relación longitud-peso no es representativa si sólo se utilizan adultos y menos aún por sexos separados, dependiendo del grado de madurez gonadal, lo que si concluyó fue que los machos son más pequeños que las hembras.

Por lo que respecta al factor de condición, éste varió de acuerdo al coeficiente de crecimiento (b), de tal forma que en la etapa juvenil dicho factor de condición presentó un aumento. Para el mes de julio el factor de condición es el más bajo y su valor se ve aumentado para los meses de agosto y septiembre, período en el cual el crecimiento de los juveniles está en la fase exponencial. Esto concuerda con las tasas de crecimiento calculadas en esta etapa, tanto por el método de desplazamiento de modas como por retrocálculo, las cuales son las más altas a lo largo de la curva de crecimiento calculada para totoaba en este estudio.

Para el factor de condición de los adultos, se observa que durante los meses de la etapa reproductiva, varió dependiendo del estadio de madurez gonadal, del período de desoves, y del ritmo de alimentación. En febrero la maduración gonadal está iniciando y el ritmo de alimentación es mayor (Román Rodríguez, 1990); es en este mes cuando se observa que el factor de condición es más alto con respecto a los otros meses y años de muestreo del presente trabajo. En cambio para el mes de abril, el factor de condición fue más variable con valores menores que al inicio de la temporada reproductiva, ya que es en este mes cuando se dá el máximo de desoves (Barrera Guevara, 1992), y también es factible encontrar estómagos con mayor o menor cantidad de alimento dependiendo si el desove se ha realizado o no.

En cuanto a la determinación de la relación que existe entre la longitud patrón del pez y las dimensiones de los otolitos (longitud total, ancho y altura), encontramos que los coeficientes de correlación son altos (0.99, 0.99 y 0.98

respectivamente), así mismo los coeficientes de la regresión ($R^2 = 0.981, 0.986$ y 0.964 respectivamente). Aún cuando se observa una dispersión de los datos que es mayor en la etapa adulta que en la etapa juvenil, el modelo de Gompertz se ajusta bien para esta relación. Lo anterior puede explicarse desde el punto de vista de que el crecimiento en totoaba es más rápido durante las primeras etapas de vida al igual que en otros esciánidos y se va haciendo más lento en la etapa adulta (Ross, 1988; Murphy y Taylor, 1989).

Algo semejante sucede con el otolito, ya que en las primeras etapas de vida, el otolito crece de manera más rápida al igual que el pez lo hace en longitud, mientras que en la etapa adulta se observa una mayor variación en la relación entre las medidas del otolito y la longitud del pez, debido a que el crecimiento somático es muy reducido, aunque también existe la posibilidad de que ocurra un no acoplamiento entre el crecimiento del otolito y crecimiento del pez, el cual tiene relación con ciertas condiciones de temperatura, independientemente del crecimiento somático (Wright *et al.*, 1990).

Pueden también existir ciertas interrupciones o reducciones en el crecimiento del otolito causadas en periodos desfavorables para el crecimiento del individuo que se registran en el otolito como cambios estructurales del mismo o bien puede existir un detenimiento del crecimiento bajo condiciones de estrés fisiológico o ambiental (Morales Nin, 1987b). Del mismo modo hay procesos que determinan el crecimiento del otolito en cuanto a su tamaño total y a su forma; el primero puede depender de la longitud total del pez, pero el segundo está poco

relacionado con este crecimiento y tiene mas que ver con las funciones de equilibrio del oído (Gauldie, 1988).

Por otra parte, la relación entre longitud patrón del pez y peso del otolito, se ajusta a una ecuación alométrica, en la cual se observa que el aumento del peso del otolito es exponencial con respecto a la longitud patrón del pez, haciéndose más lento y con mayor variación en la etapa adulta, probablemente por la misma razón que se sugirió para la relación entre las otras medidas del otolito y la longitud patrón del pez.

El ajuste de un modelo de crecimiento a la relación entre el radio del otolito y la longitud del pez en estudios con esciénidos es variables ya que mientras Maceina *et al.* (1987) y Blake y Blake (1981) encontraron un buen ajuste a un modelo lineal, Barger (1985) ajusta mejor un modelo potencial. En el caso de este estudio con totoaba, el modelo de crecimiento que mejor expresa la relación entre el radio del otolito y la longitud patrón del pez es el de Gompertz en los tres ejes de medición que se realizaron.

El eje de crecimiento donde se puede apreciar mejor el incremento de los anillos y los anillos mismos para su lectura es el eje 1 (ver Fig. 6). Mediante este modelo se puede observar como se reduce el crecimiento en dicho eje conforme va creciendo pez. Este modelo de Gompertz se ajusta al comportamiento del crecimiento del eje del otolito de totoaba ya que considera un parámetro de crecimiento (g) en relación a una tasa de decremento cuando la curva presenta un

comportamiento asintótico lo cual nos indica que los organismos empiezan a alcanzar la talla de un adulto (aprox. 1150 mm).

El eje 2 también presentó un buen ajuste al modelo de Gompertz, pero con la diferencia de que sobre este eje no siempre era fácil observar los anillos de crecimiento para llevar a cabo las lecturas de edad.

Finalmente el eje 3 fue el que menos se ajustó al modelo de Gompertz y mucho menos a alguno de los otros modelos que se probaron. En este eje el crecimiento fue muy variable, por lo tanto se descarta como un eje adecuado tanto para conocer la relación del crecimiento del otolito con la longitud del pez, así como para cuantificar anillos de crecimiento.

Con respecto a la definición de un eje de crecimiento sobre el cual realizar los conteos o mediciones de anillos, es necesario considerar de acuerdo al trabajo de Gaudie y Nelson (1990) que el crecimiento del otolito se ve limitado principalmente en el plano ventral ya que es esta parte del otolito la que tiene contacto con el cráneo y este contacto físico tiene como efecto la restricción en el crecimiento de esa parte del otolito. En cambio, mientras el crecimiento cesa en la parte ventral del otolito, este último continúa creciendo en la región del surco, por lo cual esta última, fue la zona que se midió como eje 1. Así mismo, este eje 1 se ha reportado como el mejor eje de crecimiento para lectura de otolitos en otros esciéndidos (Beckman *et al.*, 1990).

El modelo de von Bertalanffy se ajustó de manera aceptable a las edades y tallas de totoaba, aunque el valor de K (0.231) y el de L_{inf} (1390 mm) son diferentes de los en los trabajos realizados por Flanagan (1973) y por Molina *et al.*, (1988). Aún con esta diferencia el valor de K en los tres estudios indica que el crecimiento en totoaba para alcanzar la talla máxima es rápido, y la razón por la cual el obtenido en el presente trabajo es más alto, probablemente se explica porque el ajuste del modelo de von Bertalanffy se realizó incluyendo organismos juveniles entre los cuales se presenta la tasa de crecimiento más rápida, a diferencia de los anteriores que solo utilizaron adultos. Al respecto Flanagan (1973) anota que es necesario para la estimación de estos parámetros, la consideración de grupos de edad pequeños.

Por otra parte Ross (1988) en una comparación de especies consideradas como longevas muestra valores de K entre 0.1 y 0.2; y del mismo modo se muestra para otras especies de la familia Sciaenidae que alcanzan tallas poco menores que las de totoaba como *Pogonias cromis* o *Cynoscion regalis* (Richards, 1973; Sheperd y Grimes, 1983). A diferencia de los anteriores estudios, en el realizado por Beckman *et al.* (1990), para *Pogonias cromis*, al que se considera como especie longeva, se indica que la tasa de crecimiento para alcanzar la talla máxima es baja ($K = 0.04 - 0.05$) y mencionan que Richards (1973) puede estar subestimando dicha tasa de crecimiento para el roncador negro (black drum) ya que sólo utiliza organismos en la fase rápida de crecimiento sin considerar periodos de poco o nulo crecimiento.

Para el caso de este estudio con totoaba considero que el valor de K obtenido puede tomarse como válido para la especie ya que se incluyeron tanto organismos juveniles, que se encuentran en la fase de crecimiento rápido, y organismos adultos con tasas de crecimiento menores, con lo cual se incluyen los diferentes periodos de crecimiento. Igualmente, en el caso de este estudio, ha sido importante contar con individuos juveniles del grupo de edad $0+$, para el ajuste del modelo de von Bertalanffy puesto que así, el parámetro t_0 tiene un valor más cercano a cero y por lo tanto tiene más sentido biológico, aunque el sentido o significancia real de este parámetro es cuestionable por algunos autores como lo mencionan Diaz Uribe y Ruiz Cordova (1989) en su trabajo para *Caulolatilus affinis*.

La L_{inf} calculada en este estudio (1390 mm) es cercana a la talla promedio de los organismos capturados (1355 mm) y las tallas promedio calculadas para cada grupo de edad mediante el modelo de von Bertalanffy son cercanas a las obtenidas por retrocálculo, aunque puede observarse que las edades finales difirieron de la predicción debido a que después de los 20 anillos la precisión para medirlos puede presentar una mayor dificultad y que además no precisamente los organismos de mayor talla van a ser los de mayor edad como puede apreciarse en la clave edad-talla (Tabla III).

Al determinar la edad mediante los otolitos se obtuvo un intervalo de 25 grupos de edad desde $0+$ hasta $24+$ con huecos intermedios entre dicho intervalo en varios grupos de edad, debido a que en este estudio no se colectaron ejemplares de dichos grupos de edad. El no tener representantes del intervalo de

grupos de edad entre 4+ y 6+, se debe a que esta parte de la población de totoaba se encuentra exenta de ser pescada en una de las pesquerías más intensiva, hasta hace tres ó cuatro años, en el Golfo de California como lo es la pesca de camarón. Así como en redes agalleras de 8' a 12', utilizadas en la parte norte del Alto Golfo de California, aunque en este último caso se debe a que dichas redes son utilizadas sólo durante la temporada y área de reproducción de la especie. Cabe mencionar que, dentro de los individuos colectados en 1991, se determinó la edad de un macho de tres años (L.P. 1080 mm y L.P. 1200 mm) con lo cual se corrobora que los machos maduran antes que las hembras (Barrera Guevara, 1992; Cotoero A. y Tapia Vazquez, 1993 y D. Molina Valdez com. pers. CRIP-Guaymas, Calle 20 Sur # 605, 85400 Guaymas, Sonora).

Si un grupo de la población de totoaba no es vulnerable a las artes de pesca como redes de arrastre y agalleras de 8' a 12', así como durante los meses y áreas en que se realizaron los muestreos; entonces existe la posibilidad de un reclutamiento de organismos de edades intermedias entre juveniles y adultos en zonas que no son accesibles o de interés para la pesca de arrastre o con redes agalleras por presentarse un sustrato no favorable para el arrastre (p.ej. rocoso y/o de gran profundidad). Unos ejemplos pueden ser la Roca Consag, área de las grandes islas, islas Encantadas, entre otras, donde si existen reportes de captura de subadultos y adultos de totoaba por parte de pescadores de la región y en pesca deportiva (Martinez Delgado, com. pers. Inst. de Biología, U.N.A.M. Ap. Postal 70-203 c.p. 04510, México, D.F.).

Así mismo es importante señalar que dentro del intervalo de grupos de edad entre 3+ y 7+ se encuentran los individuos que se están reclutando al stock reproductivo ya que se evidencía en los otolitos de grupos de edad de 7+ en adelante, un marcado "salto" en los incrementos entre el anillo 6 ó 7 y el resto de los mismos, ya que después del anillo 6 ó 7, los incrementos entre anillos se reducen. Lo anterior indica que la tasa de crecimiento empieza a disminuir ya que la distancia entre los anillos se va acortando. Además, el "salto" que se observa entre el tamaño de incremento de los anillos indica la edad de primera madurez; lo cual concuerda con lo observado por Molina *et al.* (1988) y Miller (1979).

Por otra parte se observa que las redes agalleras pueden atrapar organismos de los grupos de edad entre 3+ y 24+, los cuales corresponden en su mayoría, a organismos reproductores capturados desde las cercanías de Guaymas y Bahía Kino, Sonora durante la migración anual hacia el área de reproducción, así como en el área y/o época de reproducción misma, como es el caso del Golfo de Santa Clara, Sonora y San Felipe, B.C., durante un período de tiempo comprendido entre los primeros días de febrero a finales de abril o principios de mayo.

En este caso de los adultos cabe señalar, que la no captura de algunos grupos intermedios de edad entre 3+ y 24+, no se debe a que evadan las redes agalleras durante la época de reproducción, más bien tiene relación con la aleatoriedad del muestreo en el tiempo, ya que la colecta de organismos cuyos otolitos fueron utilizados para este estudio, se realizaron sólo en el mes de abril, en el área de reproducción y durante cuatro o cinco días, en los cuales no siempre

hubo capturas positivas. Es decir, que la probabilidad de capturar representantes de todo el intervalo de edades entre 3+ y 24+ pudiera aumentar si se hiciera un muestreo permanente durante los meses de reproducción (febrero a finales de abril), y siguiendo además el patrón migratorio de la especie. No obstante, esto resultaría difícil, puesto que implica la captura de una especie considerada en peligro de extinción y para lo cual sólo es posible obtener permisos de pesca experimental con un número limitado de organismos a capturar (de 25 a < de 50 individuos).

Por otra parte debe señalarse que el intervalo de grupos edades de 3+ a 7+ no se encuentra del todo exento de ser pescado, ya que estos grupo de edades se ven afectados al parecer, de manera creciente e importante, por la pesca deportiva. En 1992, la captura de totoaba representó el 7 % en Las Encantadas, B.C. durante el mes de Julio en un viaje de pesca deportiva de la flota de San Felipe, B.C. (Martinez Delgado, com. pers.). Por lo anterior es necesario continuar con estas evaluaciones de pesca deportiva en Baja California e iniciar con proyectos de evaluación de pesca deportiva en el área de Bahía Kino y San Carlos, Sonora, para conocer el impacto de ésta en la población de totoaba y conocer sobre cuáles grupos de edad está incidiendo. De existir un impacto sobre la población sería factible pensar en proponer una pesca deportiva responsable en la cual el pescador al atrapar una totoaba sólo tomara el record y posteriormente la liberara.

Los otolitos de los organismos mantenidos en cautiverio no presentaron evidencia de haberse marcado con la clorotetraciclina (CTC), posiblemente por

dos razones. Primero, la manera de administrarse quizá no fue la más adecuada, tal vez si la sustancia para marcado se hubiese inyectado, en este caso CTC, el resultado hubiese sido positivo como en otros estudios sobre la validación de edad en esciénidos, por ejemplo, *Sciaenops ocellatus* (Murphy y Taylor, 1991) y *Pogonias cromis* (Beckman *et al.* 1990). Segundo, al parecer cuando no existe un buen marcado al administrar CTC, esto puede deberse a que en la dieta de los organismos existen altos niveles de calcio o variaciones de la condición de los peces (Weber y Ridway, 1967). En este caso debe considerarse que fueron organismos marcados y mantenidos en cautiverio a diferencia de otros estudios donde hay captura y recaptura.

Aún cuando la marca con CTC no fue evidente en los otolitos de los organismos en cautiverio, se observó que el otolito del ejemplar cuya longitud patrón fue de 530 mm presentaba un anillo perfectamente visible (Fig. 22a) y si tomamos en cuenta su fecha de ingreso y la fecha de su baja (9 de agosto de 1989 y 30 de julio de 1990) es decir 11 meses 21 días, la marca que se aprecia es factible considerarla como una marca anual.

Para el caso del organismo de longitud patrón de 740 mm, el cual también se capturó dentro de su primer año de vida y cuya estancia en cautiverio fue del 13 de septiembre de 1989 al 12 de septiembre de 1991, prácticamente dos años, se observaron en la sección delgada del otolito dos anillos perfectamente marcados (ver Fig. 22b). Por lo tanto en ambos casos es factible sugerir que la formación de anillos en totoaba es anual, ya que estos organismos mantenidos en cautiverio fueron capturados en los mismos arrastres de camarón que el resto de los

individuos que se colectaron y posteriormente se utilizaron en la lectura de edades para este trabajo y los cuales no presentaban ningún anillo visible de los considerados anuales, y se determinaron como individuos de la clase de edad 0+. Esta sugerencia de depositación anual de anillos de crecimiento para totoaba es posible puesto que dicho patrón anual ha sido validado para otras especies de la familia Sciaenidae (Beckman *et al.* 1990; Murphy y Taylor, 1991) incluyendo al género *Cynoscion* (Blake y Blake, 1987; Shlossman y Chitteden Jr., 1982) dentro de cual estaba incluida la totoaba antes de Villamar (1980).

Por otra parte, si consideramos las condiciones hidrológicas del Alto Golfo de California, como lo es la marcada variación de temperaturas en invierno y verano (Alvarez Borrego *et al.*, 1973; Hendrickson, 1973), se puede apoyar la posibilidad de que las marcas que se observan en los otolitos de totoaba sean anuales ya que los cambios de temperatura son un factor importante para la aparición de dichas marcas de crecimiento en peces (Brothers, 1978; Beckman *et al.*, 1990). En este sentido también es importante considerar que la totoaba tiene dos tipos de migración, una con fines reproductivos y la otra por gradientes de temperatura es decir en verano busca aguas más profundas en busca de temperaturas menos cálidas (Arvizu y Chávez, 1972). Si además del patrón migratorio por los gradientes de temperatura, tomamos en cuenta el patrón reproductivo de la totoaba, la cual se le considera como desovante único (Barrera Guevara, 1992), es posible también sugerir que las marcas en los otolitos son anuales y que no existen marcas adicionales o anillos falsos debido a desoves múltiples durante el año. Berdegué (1955) en su trabajo con escamas también

precisó que los incrementos en las mismas son anuales considerando los patrones migratorios de la totoaba y su periodo reproductivo.

De los tres organismos marcados con CTC, uno de ellos presentó otolitos que al parecer estaban descalcificados ya que tenían apariencia muy delgada y se observaron deformaciones, difiriendo de la típica forma de los otolitos de totoaba (ver Fig. 22c). Esta descalcificación de otolitos puede tener relación con el suministro de la CTC ya que se ha reportado que la tetraciclina puede afectar la mineralización en huesos y escamas, la tasa de formación de los incrementos, y puede provocar debilitación en huesos entre otros efectos (Schmitt, 1984).

Los organismos adultos de este estudio fueron todos capturados en la época reproductiva (meses de febrero y abril) y la distribución de frecuencia de tallas de los mismos, muestra que están comprendidos un intervalo reducido, el cual fluctúa alrededor de una talla promedio de $1355\text{mm} \pm 13.3$. Esto refleja por una parte la selectividad del arte de pesca, en este caso, la red agallera 10" a 12", aunque probablemente la talla promedio máxima de totoaba no está muy alejada de la talla promedio calculada para este estudio. Porque, sí mediante la tabla de retrocálculo obtenida en este estudio se busca diez años antes la talla de los organismos más longevos, es decir los de 24+, dicha talla sería una longitud patrón promedio de 1369.6 mm , la cual cae dentro del intervalo de tallas promedio ($1304\text{mm} \pm 81.14$) de un individuo que pertenece a la clase de edad 14+ actual. Esto sugiere que la talla promedio de hace 10 años no ha variado de forma considerable comparada con la talla promedio actual.

Por otra parte, Flanagan (1973) presentó una distribución de tallas de la captura comercial en el año de 1963 (1017 a 1576 mm de longitud patrón), en la cual, se observó que el mayor número de individuos estaba en el intervalo de 1147 a 1189 mm de longitud patrón, y que la talla promedio del total de los individuos de ese año era $1249\text{mm} \pm 80.87$, la cual es menor comparada con la talla promedio de los cinco años de muestreo de este estudio. Esto indica que la veda ha resultado adecuada ya que actualmente se encuentran organismos viejos y de tallas promedio mayores que hace veintiocho años cuando la pesquería se encontraba en decadencia. En esta distribución de tallas de 1963, también hay organismos mayores de 1500 mm de longitud patrón, los cuales se encuentran en cuatro clases de tallas entre 1405 y 1576 mm, pero estos individuos son solo 14 de 190 registrados, es decir sólo un 7.36% de la captura de ese año.

Este es sólo un dato del registro histórico de las frecuencias de tallas de totoaba en capturas comerciales, pero probablemente la talla promedio de longitud patrón siempre ha fluctuado alrededor de los 1300 a 1400 mm y los organismos de tallas por arriba de los 1500 mm de longitud patrón, aunque han existido, también han sido esporádicos al igual que hoy en día. Lo que no es posible asegurar actualmente es que la talla promedio esté reducida, sobretodo si consideramos que aún cuando en los inicios de la pesquería de totoaba se menciona que existían organismos de tallas cercanas a los dos metros (Flanagan y Hendrickson, 1976), no existe un archivo de frecuencias de tallas histórico con el cual comparar.

En el presente estudio se registró una talla máxima de longitud total de una hembra de 1780 mm y la talla máxima reportada en fechas recientes (1985) es de

una hembra de 1980 mm de longitud total (Barrera Guevara com. pers. CIDESON, Apartado Postal G-47 Hermosillo, Sonora). Por lo tanto es discutible asegurar que exista la reducción en talla en el stock reproductivo y que esto sea un reflejo de la sobreexplotación a que estuvo sujeta la especie.

La información sobre estadísticas de la pesquería de totoaba sólo es referente a capturas totales y con base en dichas estadísticas, de 1929 a 1975, es que se declara un cierre de la pesquería por sobreexplotación (Ramírez González, 1968; Flanagan y Hendrickson, 1976). Lo que permitiría decir con mayor veracidad que hubo una sobreexplotación del recurso sería la evidencia de una reducción de la estructura de tallas de la población en los años pico de capturas p. ejem. año de 1942, comparada con la estructura de tallas del año 1975 que fue cuando empezó la veda de la pesquería de totoaba. Si la estructura de tallas en 1975 presenta una composición semejante a la del año pico de capturas, entonces no fué sólo la pesca lo que llevó a la población a desplomarse, aunque sin duda la pesquería de la primera mitad del siglo tuvo un efecto drástico sobre la población de totoaba, y este efecto al combinarse con otros factores como modificación de habitat, llevo a la especie a ser enlistada en Peligro de Extinción.

Hoy en día es factible sugerir que la población sea considerada como estable aunque su biomasa no se compara con aquella de los inicios de la pesquería, porque los efectos tales como la pesca clandestina de adultos, la mortalidad accidental de juveniles en redes de arrastre de camarón y las alteraciones en su área de reproducción y crianza siguen ejerciendo presión negativa sobre la población. Pero la estabilidad en la estructura de la población

existe puesto que es posible encontrar organismos viejos dentro de las tallas actuales, lo cual nos indica que de alguna manera estos organismos están sobreviviendo aún cuando los factores mencionados anteriormente continuen su efecto sobre la población.

Es de esperarse que con la reciente creación de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado dichos factores se vean, sino disminuídos, por lo menos mantenidos en los niveles que actualmente se encuentran, de manera tal que permitan a la totoaba sobrevivir en el Golfo de California y a nosotros seguir contando con una de las especies endémicas del mismo, pero con la diferencia de que bajo las condiciones actuales en el alto Golfo de California, muy probablemente su potencial óptimo de explotación como recurso fue al inicio de este siglo.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Los otolitos son estructuras útiles en la determinación de edad de la totoaba.
- 2) El método de lectura de otolitos tiene mejor precisión en la determinación de edad en totoaba, que el método de lectura de escamas.
- 3) La depositación de pares de anillos de crecimiento (hialino y opaco) en la totoaba, es anual.
- 4) La relación longitud-peso para totoaba muestra que crece isométricamente.
- 5) El factor de condición de totoaba varía en los juveniles durante las primeras etapas de crecimiento, de acuerdo a las tasas de crecimiento de cada año.
- 6) El factor de condición en adultos durante la época de reproducción varía de acuerdo al período de desoves y ritmo alimentario.
- 7) El modelo de Gompertz, que considera tasa de decremento del crecimiento, da un mejor ajuste a los datos de la relación entre el crecimiento somático y el otolito.
- 8) Las edades máximas observadas mediante la lectura de otolitos en totoabas de longitudes patrón promedio de 1355 mm, es de 25 años.

- 9) Los grupos de edad 0+ y 1+ son los más vulnerables a la pesca de arrastre de camarón en el alto Golfo de California.
- 10) La estructura de tallas de los juveniles de totoaba en la parte norte del alto Golfo de California fluctuó entre 104 y 620 mm.
- 11) La estructura de tallas de adultos en la parte norte del alto Golfo de California fluctuó entre los 1080 y 1600 mm de longitud patrón.
- 12) Los grupos de edad desde 3+ hasta 24+ corresponden a organismos del stock reproductivo
- 13) La talla de primera madurez se ubica entre los grupo de edad 6+ y 7+, pero pueden encontrarse machos menores de seis años dentro del grupo de reproductores en el área y período de reproducción.
- 14) En las edades calculadas por retrocálculo se presentó el fenómeno de Rosa Lee, ya que se obtuvieron longitudes patrón retrocalculadas más pequeñas que las longitudes promedio de los organismos a partir de las cuales se calcularon.
- 15) La veda permanente establecida desde 1975 ha funcionado para recuperar una estructura poblacional estable aunque no se conoce el tamaño actual de la población

LITERATURA CITADA

- Almeida Paz, M., G. Morales Abril y M.J. Román Rodríguez, 1990. Aspectos sobre aclimatación y crecimiento de juveniles de totoaba, *Totoaba macdonaldi*, (Gilbert) (Pisces:Sciaenidae) en condiciones de cautiverio. *Ecológica* 2(1):7-12
- Alvarez Borrego, S., L.A. Galindo-Bect y B.P. Flores Baez, 1973. Hidrología. En: Estudio Químico sobre la contaminación por insecticidas en la desembocadura del Río Colorado. Reporte Final de la segunda etapa, a la Dirección de Acuacultura de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, Univ. Autón. Baja California, Unidad de Ciencias Marinas, Tomo I, Sec. I, p 5 - 177.
- Anderson, R.D. and S.J. Gutreuter 1983 Length, weight and associated structural indices:283-300 In: Nielsen, L.A. and D.L. Johnson. Fisheries Techniques. American Fisheries Society. U.S.A.
- Anónimo, 1981. Atlas Nacional del Medio Físico de la República Mexicana. SPP. México. 209 pp.
- Arvizu, J. y H. Chávez 1972. FAO Fish. Synops., (108):pag. var. Sinopsis sobre la biología de la totoaba, *Cynoscion macdonaldi* Gilbert 1890.
- Araya, 1984 Los sciaénidos del Golfo de Nicoya Rev. Biol. Tropical. 32(2):179-196.

Bagenal, T.B. (Ed.) 1974. Ageing of fish. Gresham Press, Old Woking, England.
365 pp.

Bagenal, T.B. and F.W. Tesch, 1978. Age and growth:101-136 In: T.B. Bagenal (Ed.) Methods for assessment of fish production in freshwater. 3a ed. Blackwell Scientific Publication. Oxford, England.

Barger, L.E. 1985. Age and growth of Atlantic croackers in the northern Gulf of Mexico, based on otoliths sections. Trans. Am. Fish. Soc. 114:847-850

Barrera Guevara, J.C. 1985. La Totoaba: Valioso recurso del NW de México. Sonora Investigación y Desarrollo. (3):2-4 .

----- 1987. Suceptibilidad a la extinción de peces endémicos, con especial referencia a la totoaba *Totoaba macdonaldi* (Gilbert, 1890) (Teleostei) manuscrito no publicado. CIDESON. Hermosillo. 5 p.

----- 1990. The conservation of *Totoaba macdonaldi* (Gilbert), (Pisces:Sciaenidae), in the Gulf of California, México. J.Fish. Biol. 37 (Supplement A):201-202 .

----- 1992. Biología reproductiva de la totoaba *Totoaba macdonaldi* en el Golfo de California. Tesis de Maestría. ITSEM-Campus Guaymas. 104 p.

- Beamish, R.J. and D.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:982-983.
- and G.A. McFarlane, 1987. Current trends in age determination methodology:15-42 In: Summerfield R.C. and G.E. Hall (Eds.) *Age and growth of fish.* Iowa State University Press. U.S.A.
- Beckman, D.W., C.A. Wilson and A.L. Stanley. 1988. Age and growth of red drum, *Sciaenops ocellatus*, from offshore waters of the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 87:17-28 .
- Beckman, D.W., A.L. Stanley, J.H. Render and C.A. Wilson. 1990. Age and growth of black drum in Louisiana waters of the Gulf of Mexico. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119:537-544 .
- Berdegúe, A.J. 1955. La pesquería de la totoaba (*Cynoscion macdonaldi*) en San Felipe, Baja California. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 16(1-4):45-78
- Blacker, R.W. 1974. Recent advances in otolith studies:67-90 In: Harden Jones, F.R. (Ed.) *Sea Fisheries Research.* John Willey and Sons. New York.
- Blake, C. and Blake, B.F., 1987. Age determination in six species of fish from a Mexican Pacific coastal lagoon. *J. Fish Biol.* 18 (4):471-478.
- Brothers, E.B. 1978. Exogenous factors and the formation of daily and subdaily growth increments in fish otoliths. *Am. Zool.* 18:631

Chamberlain G. W., R.J. Miget and M. G. Haby, 1987. Manual on red drum aquaculture. Preliminary draft of invited papers presented at the Production Shortcourse of the 1987 Red Drum Aquaculture Conference on 22-24 June 1987 in Corpus Christi, Texas.

Chute, R. 1928. The totuava fishery at the California Gulf. Calif. Fish and Game 14(4):275-281.

Chute, R. 1930. "Seen Kow" a regal soup-slock. Calif. Fish and Game 16(1):23-25

Cone, R.S. 1989. The need to reconsider the use of condition indices in fishery science. Trans. Am. Fish. Soc. 118:510-514 .

Cotero A.E. y Tapia Vazquez O. R.S. 1993. Madurez y fecundidad de la totoaba *Cynoscion macdonaldi* (Gilbert, 1890) en la prospección invierno-verano 1987. Informe técnico no publicado. INP-Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada. 33 p.

Craig, J.A. 1926. A new fishery in México. Calif. Fish and Game 12(4):166-169.

De Vries, D. A. and M.E. Chitteden Jr. 1982. Spawning, age determination, longevity and mortality of the silver seatrout, *Cynoscion nothus* in the Gulf of Mexico. Fish Bull. 80 (3):487-500 .

Diario Oficial, Agosto, 1975. Tomo 331 No.24 p.312 .

Diario Oficial, Mayo 1991. Tomo CDLII No. 12 p.7

Diaz Uribe J.G. y S.S. Ruiz Cordova, 1989. Edad y crecimiento del "conejo" *Caulolatilus affinis* Gill 1865, (Pisces:Branchiostegidae) en la bahía de la Paz y sus alrededores, Baja California Sur, México. Tesis Profesional. U.A.B.C.S. 101p.

Ehrhardt, N.M. 1981. Parámetros poblacionales:1-131. Tercera parte In: Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. FAO-CICIMAR

Flanagan, C.A. 1973. Study of the feasibility of modelling the totoaba fishery of the northern Gulf of California, with preliminary estimation of some critical parameters. Biological Science 249. University of Arizona. 58 p.

Flanagan C. A. and J.R. Hendrickson, 1976. Observation on the commercial fishery and reproductive biology of the totoaba *Cynoscion macdonaldi*, in the northern Gulf of California. Fish. Bull. 74(3):531-544 .

Gauldie, R.W. 1988. Function, form and time-keeping properties of fish otoliths. Comp. Biochem. Physiol. 91A(2):395-402.

- Gauldie, R.W. and D.G.A. Nelson, 1990. Otolith growth in fishes. *Comp. Biochem. Physiol.* 97A(2):119-135.
- González, C. L. W. 1977. Aspectos técnicos en la preparación de otolitos para estudios de edad en algunas especies del género *Cynoscion* (Pisces:Sciaenidae) *Lagena* (39-40):43-48 .
- González Cabellos, L.W. 1979. Determinación de la edad en *Paralichthys peruanus* (Steindachner, 1865) (Pisces:Sciaenidae) mediante el uso de otolitos. *Inf. Mus. Mar. Bogotá* no.22:22pp.
- Guevara Escamilla S., M.A. Huerta D., E. Félix Pico, B.C. Farfán y C. Matheus, 1973: Biología (Peces, contenidos estomacales en peces, agrupaciones de fauna, macroinvertebrados, biomasa de zooplancton) In: Estudio químico sobre la contaminación por insecticidas en la desembocadura del Río Colorado. Reporte Final 2a etapa a la Dirección de Acuicultura de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Univ. Autón. de Baja California, Unidad de Ciencias Marinas. Tomo II Sección IV:235-364.
- Haimovici, M. y E.G. Reis, 1984. Determinación de idade e crescimento da castanha *Umbrina canosai* (Pisces, Sciaenidae) do Sul do Brazil. *Atlântica*. 7:25-46

- Hansen, J. 1969. Food, growth, migration, reproduction and abundance of pinfish *Lagodon rhomboides* and the atlantic croaker *Micropogon undulatus*, near Pensacola, Florida, 1963-65. *Fish. Bull.* 68(1):135-146 .
- Hendrickson, J.R. 1973. Report N74-16008; (Nat. Tech., Inf. Ser., Springfield, Va.)
- IUCN (International Union for Conservation of Nature), 1981. Red list of threatened and endangered species of the world.
- Jerald Jr., A. 1983. Age determination:301-324 In:Nielsen, L.A. and D.L. Johnson. *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society. U.S.A.
- Klima, E.F. and Tabb D.C. 1959. A contribution on the biology of spotted weakfish *Cynoscion nebulosus* (Cuvier) from northwest Florida with description of the fishery. *Tech. Series no.30*. State of Florida Board of Conservation 25pp.
- Lepley, L.K., S.P. Vonder Harr, J.R. Hendrickson and G. Calderon Riveroll, 1975. Circulation in the northern Gulf of California from orbital photographs and ship investigations. *Ciencias Marinas*. Vol. 2. Num.2.
- Maceina, M.J.; D.N. Hata; T.L. Linton and A.M. Laudr Jr. 1987. Age and growth analysis of spotted seatrout from Galveston Ba, Texas. *Trans. Am. Fish. Soc.* 116:54-59

- Marquardt, D. W. 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *J.Soc. Indust. Appl. Math.* 11:431-441 .
- Miller, R.V. 1979. Report of the workshop to evaluate the biological status of totoaba *Cnoscion macdonaldi*. Held at the National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Center, La Jolla, California, Sep.18-19, 1978. Unpublished.
- Molina, D., M.A. Cisneros, R. Urias, C. Cervantes y M.A. Márquez, 1988. Prospección y evaluación de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California. Informe técnico no publicado. CRIP-Guamas. 18 p.
- Morales Nin, B. 1987a. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Técn.Inv. Pesq.* 143:30 pp.
- Morales Nin, B. 1987b. The influence of enviromental factors on microstructure of otoliths of three demersal fish species caught off Namibia. *S. Afr. J. mar. Sdi.* 5:255-262.
- Muñoz Orozco M., A. Morales Blanco y D. Morales Astorga. 1990. Los que trabajan en el mar. CNCA-DG.C.P. Hermosillo, Sonora México. 63 pp.
- Murph M.D. and R.G. Taylor, 1989. Reproduction and growth of black drum *Pogonias cromis*, in northeast Florida. *Northeast Gulf Sci.* 10(2):127-137.

Murph M.D. and R.G. Taylor, 1991. Direct validation of ages determined for adult red drums from otolith sections. *Trans. Am. Fish. Soc.* 120:267-269.

Nakashima, F. 1916. *Cnoscion macdonaldi*, Gilbert. *Copeia* (37):85-86.

NMFS (National Marine Fisheries Service) . 1979. Consideration of designating the totoaba, *Cnoscion macdonaldi*, as an endangered species under the Endangered Species Act of 1973. National Marine Fisheries Service. The Assistant Secretar for Science and Technolog. 9 p.

NMFS (National Marine Fisheries Service), 1991. Endangered Species Act Status Review, totoaba (*Cnoscion macdonaldi*). Protected Species Management Administrative Report SWR-91-01:9 p.

Panella, G. 1971. Fish otolith: Dail growth laers and periodic patterns. *Science*. (Wash., D.C.) 173:1124-1127 .

Peters, K.M. and R.H. McMichael Jr. 1987. Earl life histor of the red drum, *Sciaenops ocellatus* (Pisces:Sciaenidae) in Tampa Ba Florida. *Estuaries* 10 (2):92-107 .

Prager, M. H., S.B. Saila and C.W. Recksiek. 1989. FISHPARM :a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fisheries sciencie, second edition. Old Dominion Universit Oceanograph Technical Report 87-10.

- Ramírez González, E. 1968. Resumen estadístico de la captura anual de totoaba en el Golfo de California en el período 1929-1966. Sría. Ind. Com. Dir. Gral. Pesca. Ind. Con. Inst. Nac. Invest. Biol. Pesq. Trab. Divulg. XIII (124):1-30 .
- Richards, C.E., 1973. Age, growth and distribution of the black drum (*Pogonias cromis*) in Virginia. *Trans. Amer. Fish. Soc.* (3):584-590 .
- Ricker, W.E. 1979. Growth and rate models. Chapter 11 In: Hoar, W.S., D.J. Randall and J.R. Brett (Eds.) *Fish physiolog.* Vol. 8. New ork Academic Press. 786 pp.
- Román Rodríguez, M.J. 1990. Alimentación de la totoaba *Totoaba macdonaldi* en el Golfo de California. *Ecológica* (2):1-7 .
- Rosales Juárez F. y E. Ramírez González, 1987. Estado actual del conocimiento sobre la totoaba (*Cnoscion macdonaldi*) Gilbert, 1890. Secretaría de Pesca. México. 42 p.
- Ross, S. W., 1988. Age, growth, and mortalit of the banded drum, *Larimus fasciatus* (Sciaenidae) in North Carolina. *Northeast Gulf Science.* Vol. 10 (1):19-31

Secor, D.H., J.M. Dean and E.H. Laban, 1990. Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. Electric Power Research Institute The Belle W. Baruch Institute for Marine Biolog and Coastal Research. 85 p.

Schmitt, P.D. 1984. Marking growth increments in otoliths of larval and juvenile fish b immersion in tetraccline to examine the rate of increment formation. Fish. Bull. 82(1):237-242

Shepered, G. and C.B. Grimes, 1983. Geographic and historic variations in growth of weakfish *Cnoscion regalis*, in the middle atlantic bight. Fish. Bull. 81(4):803-813.

Shlossman P.A. and M.E. Chitteden Jr. 1982. Spawning, age determination, longevit and mortalit of the silver seatrout, *Cnoscion nebulosus*; red drum, *Sciaenops ocellata*; and the black drum, *Pogonias cromis* in south central Louisiana, La. Dep. Wildl. Fish. Contrib. Mar. Res. Lab. Tech. Bull. 31:41-48 .

Spurr, A.R. 1969. A low-viscosit epox resin embedding medium for electron microscop. J. Ultrastruc. Res. 26:31-43 .

Villamar, A. 1972. Age determination in fishes of the famil *Sciaenidae*. J. Ichtol.13(4):550-561.

- Villamar, A. 1980. Totoaba, un nuevo género de la familia Sciaenidae en el Golfo de California, México (Pisces:Teleostei). An. Esc. nac. Cienc. biol. Méx. 23:129-133.
- Weber, D. and G.J. Ridwa, 1967. Marking Pacific Salmon with Tetraccline Antibiotics. J.Fish. Res. Bd. Canada, 24(4):849-865
- Wells, R. S., B.G. Wursin and K.S. Norris, 1981. A survey of the Marine Mammals of the upper Gulf of California, México, with an assesment of the status of Phocoena sinus U.S. Marine Mammal Comission. Washington D.C. report No. NMC-79/07. 51 pp.
- White, M.L. M.E. Chitteden Jr. 1977. Age determination, reproduction and dynamics of the atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*. Fish. Bull. 75 (1):109-123 .
- Wright, P.J., N.B. Metcalfe and J.E. Thorpe, 1990. Otolith and somatic rates in Atlantic salmo parr, *Salmo salar*: evidence against coupling J. Fish. Biol. 36, 241-249.