

Crecimiento y mortalidad de la totoaba, *Totoaba macdonaldi*, del alto golfo de California

Pedrín-Osuna, Oscar A.; Julio H. Córdova-Murueta y Mario Delgado-Marchena

Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada. INP. AP. 1306, CP. 22775 Ensenada, BC. E-mail: opedrin@telnor.net

PEDRÍN-OSUNA, O.; J. H. Córdova-Murueta y M. Delgado-Marchena. 2001. Crecimiento y mortalidad de la totoaba, *Totoaba macdonaldi*, del alto golfo de California. INP. SAGARPA. México. *Ciencia Pesquera* No. 15.

Con datos de muestreo de capturas experimentales y de fomento de la totoaba de 1983 a 1993 se construyó la serie de composición por edad, se calculó la mortalidad por el método de Beverton y Holt y los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy empleando el método de Bhattacharya, del paquete LFSA (*Length Frequency Series Analysis*) y los algoritmos SLCA (*Shepherd Length Composition Analysis*) del LFDA (*Length Frequency Distribution Analysis*). Los parámetros de mortalidad se calcularon por ensayo a partir de cálculos de las tallas de primera captura y a pleno reclutamiento (100% tc): 140 cm y 150 cm. Los mejores cálculos de mortalidad total (Z) corresponden a la talla de 150 cm: $Z = 0.3$ a $Z = 1.4$ (promedio, $Z = 0.734$). Los ensayos de separación de grupos de tallas muestran una tendencia muy definida a la disminución de seis grupos de edad a dos entre 1985 y 1993. El período de 1985 a 1989 fue de baja mortalidad, que podría ser enmascarada por el reclutamiento. A partir de 1990 la mortalidad aumentó hasta $Z = 0.9$ en 1993. La mortalidad total $Z = 0.9$ de 1993 casi quintuplica a la mortalidad natural $M = 0.205$, lo cual se considera como muy grave. Las prospecciones de 1991 y 1993 muestran una fuerte reducción en la captura por unidad de esfuerzo a menos de una totoaba por lanceo en 1993.

Age series for totoaba were built; the mortality rates and the growth parameters of von Bertalanffy's equation were calculated with Beverton-Holt's method, by Bhattacharya; of the package LFSA (Length Frequency Series Analysis) and the algorithms SLCA (Shepherd Length Composition Analysis) of the LFDA (Length Frequency Distribution Analysis). Totoaba samples obtained from experimental catches from 1983 to 1993 were used. The parameters of mortality were considered for rehearsal starting from the sizes of first capture and full recruitment (100% tc): 140 cm and 150 cm. The results of total mortality (Z) corresponding to the size of 150 cm were considered to be the best estimates. They ranged from $Z = 0.3$ to $Z = 1.4$ (average, $Z = 0.734$). The separation of groups using the method of Bhattacharya showed a well defined tendency to the decrease of the age groups between 1985, when up to six age groups were detected, and 1993 that only showed two groups. The period 1985-1989 is of low mortality, which could be masked by recruitment. Starting from 1990, the mortality increases to $Z = 0.9$ in 1993, which almost quintuple the natural mortality $M = 0.205$, and this is considered as very serious. The 1991 and of 1993 prospections of Totoaba showed a strong reduction in the catch per unit effort to less than one totoaba for 1993.

Introducción

La protección de la totoaba data de 1940. Fue una de las pesquerías más importantes y una de las primeras en el país en mostrar evidencias de sobreexplotación, lo que motivó la implantación de la veda permanente a la que ahora se encuentra sujeta.

Las diferentes medidas de administración consistieron en vedas de 1940 a 1955 para proteger la reproducción. En 1974 se estableció la zona de refugio en la desembocadura del Río Santa Clara, en Sonora, y la zona de reserva de Punta Zacatosa, en Baja California, al faro del Cerro el Machorro, en Sonora, al sur del poblado de Santa Clara. En 1975 se vedó permanentemente la captura de totoaba en el Golfo de California, en 1991 fue declarada

especie en peligro de extinción y en 1992 se prohibió en la misma área el uso de redes de enmalle con luz de malla de 10 pulgadas.

Pese a los esfuerzos proteccionistas de los últimos años, la pesca clandestina de adultos de totoaba durante la época de reproducción (enero a mayo) ha continuado y los barcos camaroneros la capturan en forma incidental. Además, se captura seis meses al año en pesca deportiva, lo que suele registrarse oficialmente como pesca incidental (Martínez-Delgado y Corona-García, 1992).

Existe la impresión generalizada de que las medidas de protección han sido insuficientes y no han tenido el efecto deseado; pero el problema de la totoaba, planteado hasta ahora como de sobreexplotación, es necesario redefinirlo en estos tres componentes:

1. La pesca ilegal, cuya magnitud no es posible precisar y documentar, pero que se demuestra por 40 redes totoaberas decomisadas en marzo de 1991 y por la estimación de una captura de 400 toneladas por temporada (Molina y colaboradores¹), que es alta si se considera el número de artes de pesca decomisadas, la duración de las temporadas (diciembre a mayo) y la pesca incidental de adultos por redes camaroneras.

¹ Molina-Valdez, D., M.A. Cisneros-Mata, R. Urías-Sotomayor, C. Cervantes-Valle, M.A. Márquez-Tiburcio. Prospección y evaluación de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California. Secretaría de pesca. Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras. Guaymas, Sonora, México. 1988. (Inédito).

2. La forma y magnitud de la pesca camaronesa del alto Golfo de California, que es multiespecífica y afecta a otras especies, entre ellas la totoaba.
3. El desconocido efecto de la reducción del caudal del río Colorado, no obstante que Flanagan y Hendrickson (1975) han presentado una correlación directa entre ésta y la pesca de totoaba.

Para administrar y preservar la población de la totoaba es preciso conocer su historia, su estado actual y los efectos de su explotación, pero su captura ilegal dificulta tener registros confiables y estimaciones precisas de abundancia, crecimiento y explotación mediante los métodos de análisis comunes en biología pesquera.

La principal fuente de información para este estudio fueron los muestreos de capturas ilegales y de la pesca de fomento de este recurso. Lo deseable habría sido determinar la biomasa, la estructura por edades y por sexos y la fecundidad de la población, como se propuso en el modelo inicial; pero al no existir estadísticas de captura suficientes ni confiables, información indispensable para conocer la biomasa, se consideró que un buen recurso sería:

1. Determinar las tasas de mortalidad total, natural y por pesca a partir de los datos del muestreo de la pesca clandestina llevado a cabo de 1983 a 1992 y de las prospecciones de 1987, 1991 y 1993, para evaluar su estado actual y hacer las recomendaciones necesarias para su preservación.
2. Obtener información biológica y ecológica para configurar el ciclo de vida, como parte del modelo de la población y de sus relaciones ecológicas.
4. Medir el impacto de la pesca camaronesa sobre la población de totoaba.

Antecedentes

El estudio de la dinámica poblacional de la totoaba ha sido poco abordado (Arvizu y Chávez, 1972). Los puntos de vista sobre el estado de la población se han basado en los registros de explotación comercial de las oficinas de Pesca; pero la escasa información sobre la captura (por ilegal) y el esfuerzo de pesca ha dificultado el seguimiento de la abundancia del recurso, de los patrones de crecimiento y la mortalidad. Las versiones que sostienen que la sobreexplotación es la principal causa de disminución de la población se basan en que la aplicación de algunas medidas reguladoras, especialmente las vedas, causaron una sensible recuperación que se refleja en capturas y tallas mayores en años posteriores (Flanagan y Hendrickson, 1976).

Molina¹ calculó una población de 2,300 t y estimó que ha tenido recuperación aparente. En un estudio para determinar la distribución, abundancia, crecimiento y la captura incidental de totoaba por barcos camaronesos, Morales-Abril y colaboradores² encontraron densidad de juveniles de 11.6 y 11.5 individuos por kilómetro cuadrado en 1989 y 1990, respectivamente, y con base en esos resulta-

dos afirmaron que la población juvenil en el alto Golfo de California se mantiene estable en niveles bajos, pero con posibilidades de recuperación.

Métodos y materiales

Cantidad de datos

Debido a las limitaciones de los datos se optó por calcular los parámetros de mortalidad, crecimiento y esfuerzo pesquero a partir de la base de datos del Comité para la Protección de la Vaquita Marina y la Totoaba, que cubre el muestreo de juveniles y adultos de 1983 a 1993, exceptuando 1984 y 1992. Esta base contiene también datos de muestreo de la pesca clandestina aportados por el Centro de Investigación de Sonora (CIDESON) de 1985 a 1988; por el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Guaymas, Son., de 1983 a 1986; por el Centro Ecológico de Hermosillo, Son. en 1989, 1990 y 1991 y 1992; y de prospecciones de totoaba llevadas a cabo por el CRIP de Ensenada, B.C. en 1987, 1991 y 1993. También se contó con una base de datos de juveniles de los años 1987, 1989, 1990, 1991 y 1992, aportados por los CRIP de Guaymas y Ensenada, provenientes en su mayoría del muestreo de las capturas de redes arrastreras de la flota camaronesa.

Los datos de muestreo de adultos de la pesca clandestina y de las prospecciones de 1987 es muy heterogénea. Las tallas corresponden unas veces a longitud total y otras a longitud patrón; el número de individuos colectados por año es muy variable: de 19 en 1993 a 308 en 1987.

1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
79	98	58	308	87	52	49	61	0	19

Ya que en algunos casos sólo se contaba con la longitud patrón, antes del análisis se procedió a transformar todas las tallas a longitud total, mediante la regresión lineal simple de todos los datos de individuos con registro de longitud total y longitud patrón, procediendo por separado con juveniles y adultos. Luego se generaron los datos de longitud total de los registros que sólo poseían la longitud patrón, empleando la longitud total calculada por la regresión más la desviada de la norma (Z), generada al azar, con media igual a cero y desviación estándar igual a uno, con el programa *Statgraphics Plus*. Las ecuaciones obtenidas son las siguientes:

$$\text{Adultos: } LT = 11.9589 + (1.0375 \text{ (LP)} + Z_{01} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Juveniles: } LT = 2.48085 + (1.12805 \text{ (LP)} + Z_{01} \dots \dots \dots (2)$$

Con la finalidad de simular los valores, alcanzar la variabilidad de los datos originales y separar los grupos de edad en un análisis modal, se obtuvo la distribución de frecuencias de la combinación de datos reales y datos simulados, obtenidos estos últimos por el procedimiento anterior en intervalos de 3 cm, de cada año por separado, con el método de Bhattacharya y el programa LFSA (Sparre, 1987). Este programa estudia frecuencia de tallas en series de tiempo mediante análisis de rendimiento por recluta y análisis ordinarios de regresión.

Ya procesada la información, se seleccionaron los resultados que mejor se ajustaron al criterio de desviaciones estándar crecientes

² Morales-Abril, G. M. Almeida Paz y Martha y M.J. Román Rodríguez. Evaluación de la población de totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Gilbert, 1891). con fines de conservación. Centro Ecológico de Sonora. Hermosillo, Sonora. México. 1991. (Inédito).

(Schnute y Fournier, 1980) y la mortalidad mejor relacionada con los parámetros de crecimiento, ya que el método *Shepherd Length Composition Analysis* (SLCA) de Shepherd (1987) permite obtener medidas de ajuste de máxima verosimilitud.

Los parámetros del crecimiento, de von Bertalanffy, se obtuvieron por el método SLCA mediante el programa *Length Frequency Distribution Analysis* (LFDA, versión 3.1) de MRAG Ltd. (1992). Dicho programa analiza la frecuencia de tallas dispuestas en series de tiempo. El análisis consiste en detectar modas, y después de dar valores de entrada de *K* y de longitud asintótica rinde los óptimos de esos parámetros, controlados por los máximos de una función de bondad de ajuste mediante iteraciones. Los óptimos se obtienen a partir de una función de prueba por cada intervalo de longitud analizado.

La función de Prueba: $TL = Sen Q Cos (2t-ta)/Q$ (3)

La función de bondad de ajuste: $S = L/NL$ (4)

Nivel máximo de la función: $S_{(máx)} = (Sa^2+Sb^2)$ (5)

$S_a = St^o = 0$ (6)

$S_b = St^o = .25$ (7)

Partiendo de los análisis de crecimiento y mortalidad hechos por Molina y colaboradores¹, se calculó la mortalidad en cada año de la serie 1983-1993, excepto 1984 y 1992, con el estimador de Beverton-Holt que proporciona el programa, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$Z = K(L-L_{Bar})/(L_{Bar} - L')$ (8)

Donde:

Z = tasa instantánea de mortalidad

K = tasa instantánea de catabolismo del modelo de von Bertalanffy

L = longitud asintótica del modelo de crecimiento de von Bertalanffy

L' = longitud de los peces sometidos a explotación total

L_{Bar} = longitud promedio de los peces mayores de *L'*, inclusive

También se calculó la captura por unidad de esfuerzo, por edades, de los años con datos de esfuerzo.

Resultados

Organización de los datos de longitud

De las regresiones realizadas para estimar la longitud total de los organismos se obtuvo una ecuación para adultos y otra para juveniles (Figs. 1 y 2). El análisis de regresión (Tablas 1 y 2) dio índices de correlación de 0.9872 en juveniles y de 0.9167 en adultos. Según el análisis de *t* de student, los valores de la estimación no son significativos a ningún nivel de probabilidad, el error estándar mostró un residuo de 1.38247 en los juveniles y de 4.3736 en adultos.

En juveniles: $Lt = 2.48085 + 1.12805 L_p$, (9)

En adultos: $Lt = 11.9589 + 1.0375 L_p$, (10)

Determinación de los grupos de edad

Cada aplicación del método de separación de grupos de edad dio rendimientos diferentes, limitados tanto en número de clases de edad como de años "viables" dentro de la serie. La separación de los datos

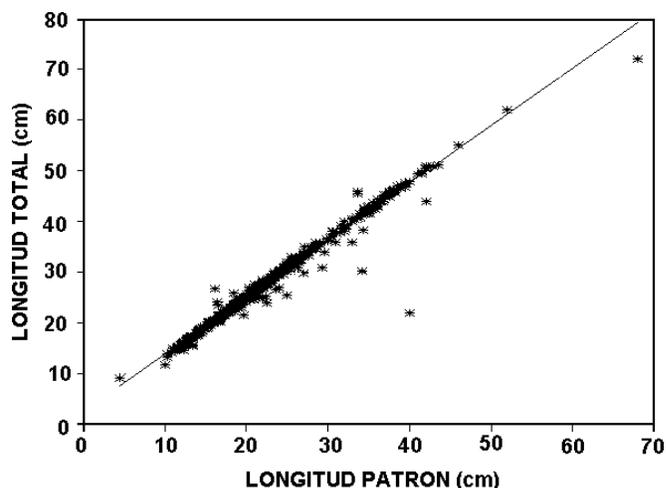


Fig. 1. Gráfica con la línea de regresión y la dispersión de los datos de longitud observados en juveniles.

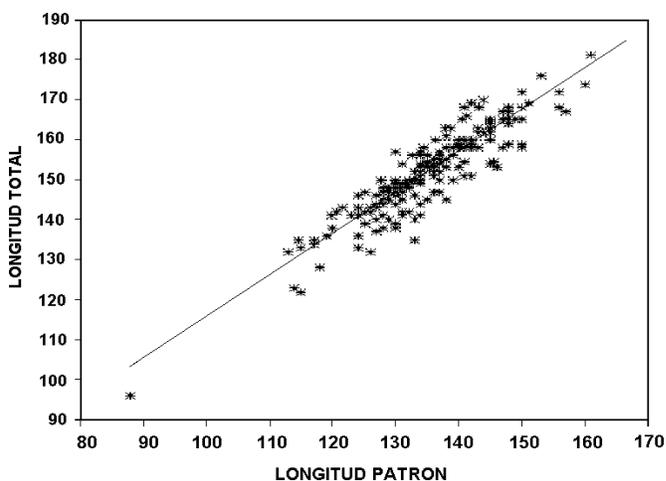


Fig. 2 Gráfica con la línea de regresión y la dispersión de los datos de longitud observados en adultos.

Tabla 1. Análisis de regresión con datos de juveniles. Modelo lineal: $Y = a + bx$ (variable dependiente: Longitud total; variable independiente: Longitud patrón)

PARÁMETRO	CÁLCULO	ERROR EST.	t	PROB.	
Intesección	2.48085	0.164878	15.0466	0.0000	
Pendiente	1.12805	0.00702685	160.5340	0.0000	
Análisis de varianza					
FUENTE	SUM CUADR.	G.L.	CUADR. MEDIO	F-RAZON	PROB.
Modelo	49254.780	1	49254.780	25771.31	0.000
Residuo	1276.698	668	1.911		
Total (Corr.)	50531.479	669			

Coef. Correl. = 0.9873, R. Cuad. = 97.47%, Error estándar = 1.38247

Tabla 2. Análisis de regresión con datos de adultos. Modelo lineal: $Y = a + bx$ (Variable dependiente: Longitud total; variable independiente: Longitud patrón)

PARÁ-METRO	CÁLCULO	ERROR EST.	t	PROB.
Intersección	11.9589	3.9141200	3.05532	0.0025
Pendiente	1.0375	0.0288849	35.91850	0.0000

Análisis de varianza					
FUENTE	SUM. CUADR.	G.L.	CUADR. MEDIO	F-RAZÓN	PROB.
Modelo	24678.173	1	24678.173	1290.14	0.000
Residuo	4686.442	245	19.128		
Total					
(Corr.)	29364.615	246			

Coef. Correl. = 0.9167, R. Cuad. = 84.04%, Error estándar = 4.3736

originales en hembras solamente dio resultados viables en los años 1985 a 1988, 1991 y 1993. En los machos sólo fueron viables en 1987, 1988 y 1991.

La separación a partir de datos de longitud total observada en ambos sexos, mezclados, fueron viables de 1983 a 1988 y de 1991 a 1993, quedando fuera de la serie 89 y 90 (Figs 3, 4, 5, 6 y 7). Sin embargo, la diferencia entre los grupos de edad detectados (Tabla 3) al separar los datos de longitud total observada y los datos mezclados no es muy grande. El único inconveniente es que con sólo los datos observados no es posible separar claramente los años 1989 y 1990, debido a que en esos años sólo se utilizaron datos de longitud patrón (Fig. 6). La separación utilizada para calcular los parámetros de crecimiento y mortalidad es la correspondiente a los datos mezclados (Fig 7).

Tabla 3. Grupos de edad por año detectados según el tratamiento.

AÑO	H	M	LT. OBS	LT. CALC.	AMBOS
1983	----	----	4	----	3
1984	----	----	----	----	----
1985	4	----	4	----	5
1986	3	----	3	----	3
1987	6	5	5	3	6
1988	2	2	4	----	4
1989	----	3	----	3	2
1990	----	----	----	3	3
1991	1	----	4	3	4
1992	----	----	----	----	----
1993	1	----	2	----	2

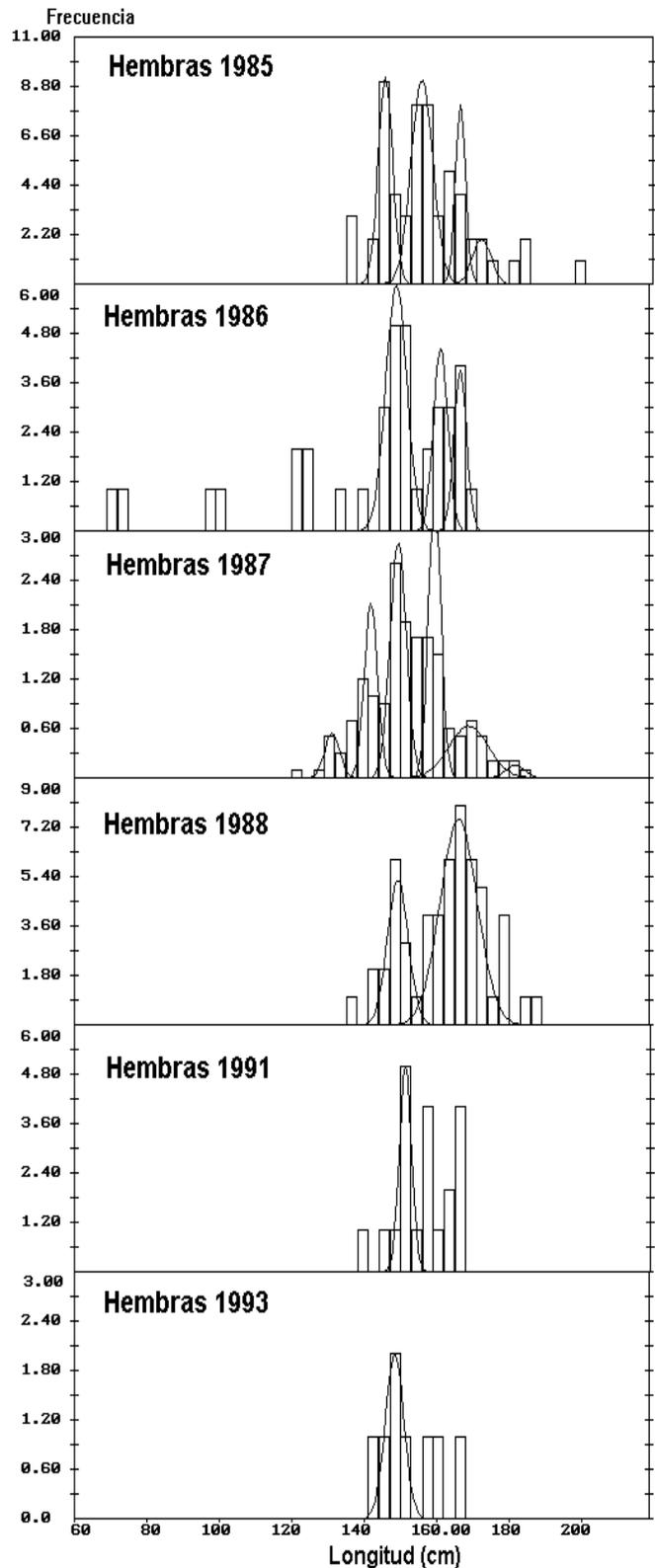


Fig. 3. Gráficas que muestran las cohortes de hembras detectadas por el método Bhattarya incluido en el programa LFSa.

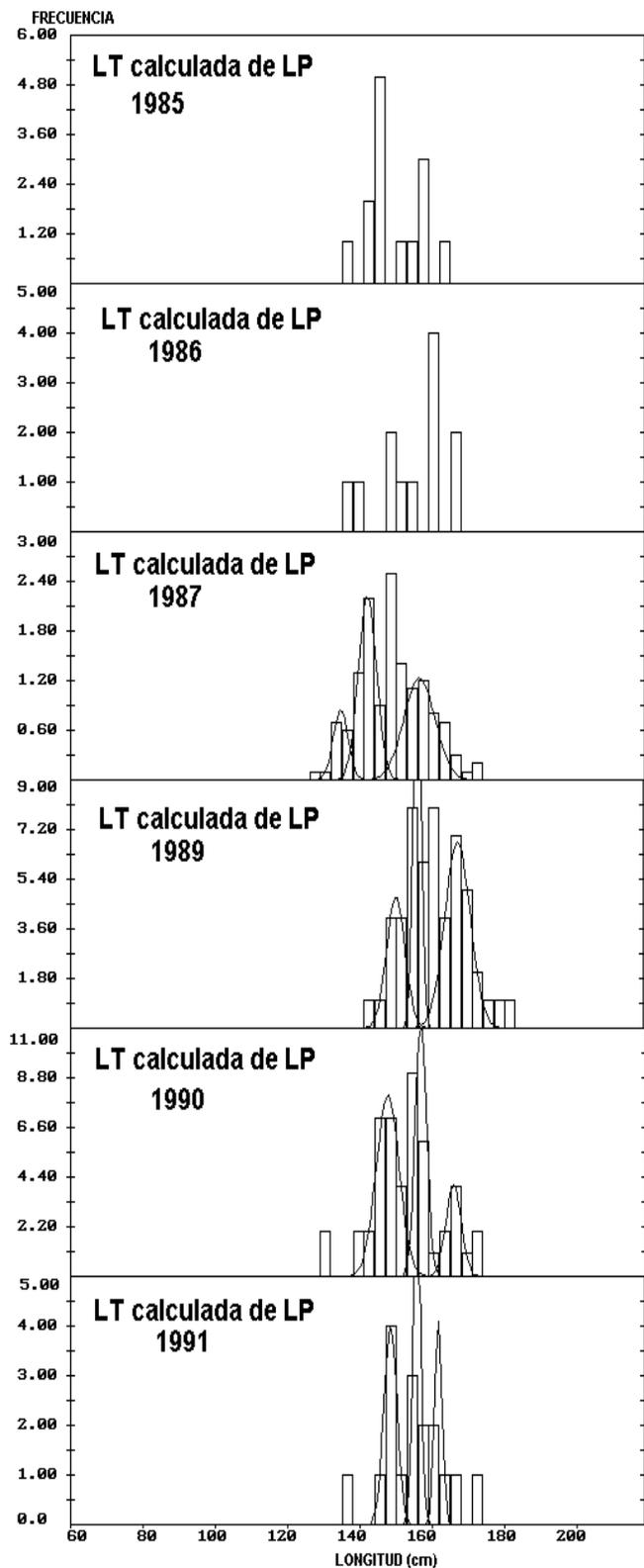


Fig. 4. Gráficas que muestran las cohortes detectadas por el método Batacharya incluido en el programa LFSA, a partir de datos de longitud total calculada.

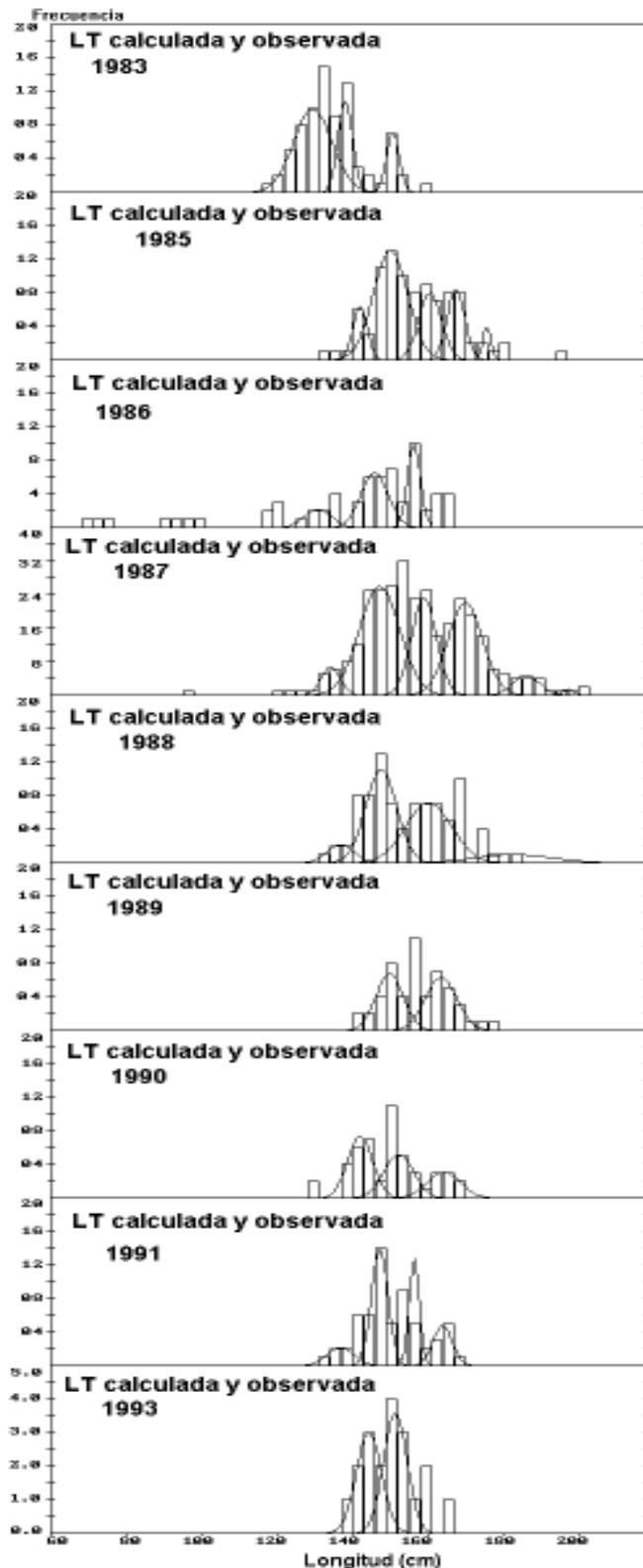


Fig. 5. Gráficas que muestran las cohortes detectadas por el método Batacharya incluido en el programa LFSA, a partir de datos de Lt calculada y observada.

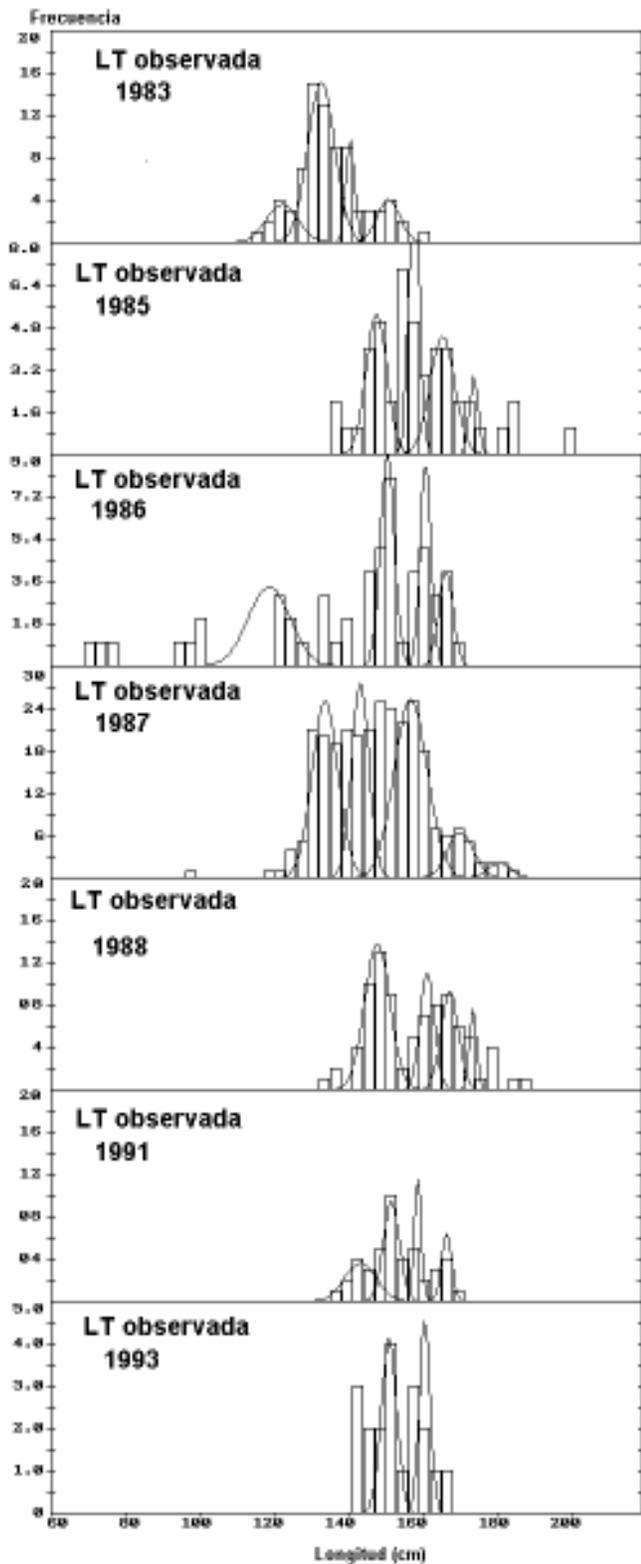


Fig. 6. Gráficas que muestran las cohortes detectadas por el método Batacharya incluido en el programa LFSA, a partir de datos de longitud total observada.

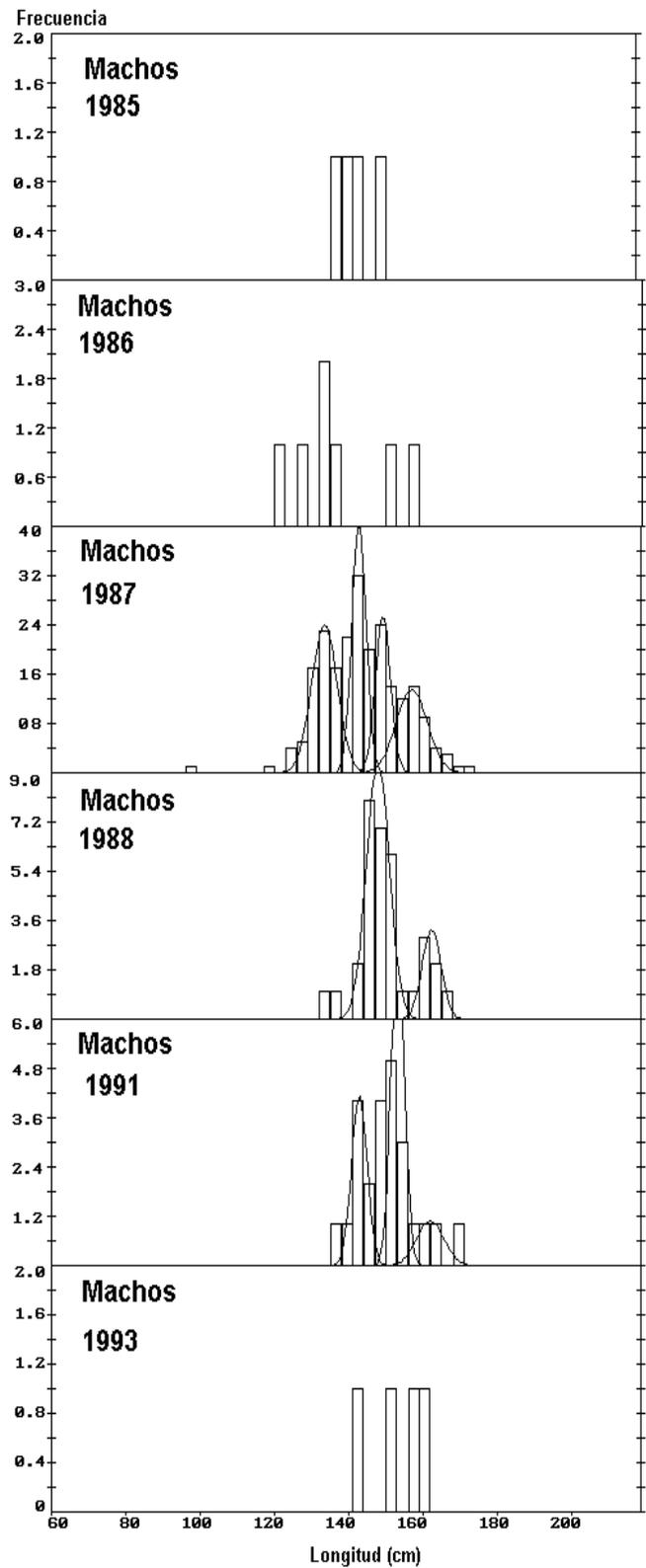


Fig. 7. Gráficas que muestran las cohortes detectadas por el método Batacharya incluido en el programa LFSA, a partir de datos de machos.

Cálculo de parámetros de crecimiento

Con el método de Shepherd (1987) y el programa LFDA se obtuvieron los parámetros de adultos y juveniles juntos, y de adultos solos, que en la *tabla 4* se comparan con los obtenidos por Molina. Las gráficas se muestran en las *figuras 8 a 11*.

Tabla 4. Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

PARÁMETRO	JUVENILES Y ADULTOS		ADULTOS RESULTADOS DE MOLINA ¹		
	A	B	(1988)	(1993)	
<i>K</i>	0.1856	0.1743	0.1560	0.119	0.2459
<i>L</i>	207.49	206.33	204.0	203.0	166.7518
<i>T₀</i>	-0.751	-0.3	-0.981	-2.2664	-1.549
ESCORE	76.0754	-0.0802	12.9069	----	----

(A) Método SLCA, incluido en el programa LFDA

(B) Método ELEFAN, incluido en el programa LFDA

Cálculo de parámetros de mortalidad

Los parámetros de mortalidad se calcularon a partir de dos tallas a edad de primera captura, a pleno reclutamiento (100% *tc*): 140 cm y 150 cm.

Como ensayo, se escogió la talla de 204 cm, por ser la que mejor se aproximó al cálculo realizado por Molina (1988), que fue de 203 cm.

La mortalidad total (*Z*) de la talla de 140 cm correspondiente al período 1983-1993 varió de *Z* = 0.2 a *Z* = 1.2 (promedio, *Z* = 0.53), como se ve en la *tabla 5*. En cambio, los resultados de la talla de 150 cm van de *Z* = 0.3 a *Z* = 1.4 (promedio, *Z* = 0.734).

Estimador de mortalidad de Beverton y Holt (programa LFDA).

$$Z = K(L - L_{Bar}) / (L_{Bar} - L')$$

Donde:

L' = longitud a la cual los peces están bajo total explotación

L_{Bar} = longitud media del pez de longitud *L'* y mayores

L_∞ = longitud asintótica

K = 0.1560 y *L* = 204

Discusión

Si se parte de los ensayos de separación de grupos de tallas por el método de Bhattacharya, con datos de talla total observada y talla total mezclados se detecta casi el mismo número de grupos cada año,

que aun cuando no correspondieran al número de grupos de edad contenidos en las capturas o en la población, sí son los más significativos (*Tabla 4*; *Figs. 5 y 6*; *Anexos 1 a 5*).

Dos cosas tienen en común ambos tratamientos: 1) casi el mismo número de grupos de edad relativa, y 2) tendencia a la disminución de los grupos de edad. De 1985 a 1987 se detectan hasta seis grupos de edad. Aunque hay diferencia de más o menos un grupo de edad entre los dos tratamientos, a partir de 1989 es nula y la reducción en el número de clases de edad relativa llega a dos en 1993, lo cual es significativo y puede ser muy grave, si se considera que se trata de la población reproductora.

Se observa que el período 1985-1989 es de baja mortalidad, que a veces podría ser enmascarada por el reclutamiento, lo cual significa que realmente pueda ser mayor, especialmente en 1987, cuando se presenta la más baja (*Z* = 0.3), que corresponde a las tallas y las capturas mayores. A partir de 1990 la mortalidad aumenta hasta llegar a *Z* = 0.9 en 1993.

Para separar grupos de edad se usó el método de Bhattacharya y la mortalidad se calculó con el método de Beverton y Holt, que sólo usa la composición por tallas de la captura y los parámetros del crecimiento, sin tomar en cuenta la edad. Por tanto, resulta consistente la reducción en el número de clases de edad con los incrementos en las tasas de mortalidad, especialmente a partir de 1989. La poca diferencia entre la mortalidad calculada por Molina *et al.* (1988) y en este estudio para 1985, da más confianza en los resultados de los años posteriores.

Conclusiones

1. El hecho de que la mortalidad total *Z* = 0.9 de 1993 casi quintuplique a la mortalidad natural *M* = 0.205 debe considerarse como muy grave, si se toma en cuenta que las poblaciones de peces de gran talla tienen bajas tasas de mortalidad natural y, por tanto, bajas tasas de productividad. En este caso, dadas las características de la población reproductora, su distribución en el Alto Golfo (donde es altamente vulnerable) y el esfuerzo pesquero real y potencial, cualquier incremento en la tasa de explotación amenaza a la totoaba.
2. Es probable que la población permanezca sobreexplotada. Las prospecciones de 1991 y de 1993 muestran una fuerte reducción en la captura por unidad de esfuerzo a menos de una totoaba por lance en 1993.
3. Molina *et al.* (1988), a partir del muestreo de adultos de enero a abril de 1985, determinaron los parámetros poblacionales y pesqueros del recurso y reportaron, entre otros datos, una tasa de crecimiento instantáneo de 0.119, mortalidad total de 0.471,

Tabla 5. Mortalidad total (*Z*) de *Totoaba macdonaldi* del alto Golfo de California en tallas de primera captura (*tc*) de 1983 a 1993.

Talla <i>tc</i>	1983	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	<i>Z</i> prom	D. Std.
140 cm	1.233	.339	.467	.290	.372	.337	.573	.541	.601	.53	.287
150 cm	1.379	.505	.755	.366	.480	.536	.738	.893	.954	.73	.313

biomasa promedio de 2,572 toneladas anuales y, según las tazas de mortalidad calculadas, la tasa de explotación llega a 0.565, considerada por ellos mismos "demasiado elevada".

Referencias bibliográficas

- ARVIZU, J. y H. Chávez. 1972. Sinopsis sobre la biología de la Totoaba, *Cynoscion macdonaldi* Gilbert, 1980. *FAO Fish. Synop.* 108. 21pp.
- FLANAGAN, A.; Christine and John J. Hendrikson. 1976. Observations on the commercial fishery and reproductive biology of the totoaba (*Cynoscion macdonaldi*), in the northern Gulf Of California. *Fish. Bull.* (74)8:531-544.
- MARTÍNEZ-DELGADO, M. E. y M. A. Corona-García. 1992. Impacto de la pesca deportiva sobre las poblaciones y comunidades de *Totoaba macdonaldi* en la región de las grandes islas del Golfo de California, México. Reporte Técnico de Avance. *II Reunión Plenaria del Comité Técnico para la Protección de la Vaquita Marina y la Totoaba.* Hermosillo, Son. 10-11 de Diciembre de 1992.
- PAULY, D. and G. R. Morgan (eds.) 1987. Length-based methods in fisheries research. *ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait.* 486 pags.
- SCHNUTE, J. and D. Fournier. 1980. A new approach to length-frequency analysis: growth structure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.*
- SHEPHERD, J. G. 1987. Weakly parametric method for the analysis of length composition data. En: Pauly, D. & G.R. Morgan (eds.). +Length-based methods in fisheries research. *ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait.* 486 pags. (pp. 113-120).
- SPARRE, P. 1987. Computer program for fish stock assessment. Length-based Fish Stock Assessment (LFSA) for Apple II computers. *FAO. Fish. Tech. Pap (101) Suppl. 2.* 218 pp.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados del análisis de cohortes en adultos, con datos de longitud total observada y calculada, con el método de Bhattacharya y el programa LFSA

1983	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	122-131	129.643	5.095	43	42	
2	137-143	138.203	1.876	24	17	2.455
3	149-155	150.832	1.672	12	10	7.119
1985	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	140-146	142.163	1.903	12	10	
2	149-155	150.214	4.518	41	49	2.507
3	158-164	160.680	3.007	20	20	2.781
4	167-173	167.538	2.332	16	16	2.569
5	173-179	175.764	1.047	3	3	4.866
1986	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	128-134	131	3.603	18	7	
2	143-149	146	3.577	22	20	4.177
3	155-161	156.436	1.710	18	14	3.946
1987	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	131-137	134.383	2.511	18	14	
2	140-149	147.329	5.308	111	116	3.311
3	158-164	159.078	3.287	81	64	2.733
4	167-179	170.065	4.615	77	85	2.780
5	185-194	186.212	3.512	16	14	3.973
6	194-200	197.130	1.621	2	2	4.252
1988	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	134-140	1370	3.603	6	7	
2	146-155	147.768	4.093	40	38	2.798
3	158-167	160.347	6.088	28	36	2.470
4	179-185	182.803	9.935	13	8	2.802
1989	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	146-155	150	3.603	22	22	
2	161-173	163.616	4.118	30	30	3.526
1990	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	140-149	142.163	3.294	21	20	
2	155-161	152.428	3.9	20	17	2.853
3	164-170	164.375	4.436	8	11	2.865
1991	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	134-140	137	3.603	63	7	
2	146-152	147.390	2.167	30	25	3.6
3	152-161	156.521	1.342	15	14	5.202
4	161-170	164.062	2.537	10	10	3.887
1993	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	143-149	144.543	3.331	9	8	
2	152-158	151.499	3.123	7	9	2.168

ANEXO 2

Resultados del análisis de cohortes en adultos, con datos de longitud total observada, con el método de Bhattacharya y el programa LFSA

1983	Intervalo	L-media	S	N	N calc.	I. S.
1	117-126	122.24	4.283	12	13	
2	129-138	132.77	3.636	45	46	2.659
3	138-144	140.59	1.168	9	9	3.256
4	150-156	150.88	3.028	12	10	4.9
1985	Intervalo	L-media	S	N	N calc.	I. S.
1	144-153	147.60	2.795	15	12	
2	153-162	157.72	1.381	13	13	4.844
3	162-171	165.32	3.298	12	12	3.249
4	171-177	173.79	1.120	3	3	3.832
1986	Intervalo	L-media	S	N	N calc.	I. S.
1	150-156	150.553	1.878	37	14	
2	156-165	160.856	1.273	10	10	6.537
3	165-171	166.023	2.068	7	7	3.092
1987	Intervalo	L-media	S	N	N calc.	I. S.
1	129-138	133.80	3.479	79	79	
2	138-147	143.28	2.316	53	53	3.272
3	156-165	156.86	4.097	124	124	4.236
4	168-177	170.204	3.462	18	19	3.381
5	180-186	180.65	3.225	5	5	3.122
1988	Intervalo	L-media	S	N	N calc.	I. S.
1	144-156	147.84	3.377	41	39	
2	156-165	161.26	1.903	18	18	5.083
3	165-171	167.31	2.339	18	18	2.851
4	171-177	173.55	0.958	5	6	3.785
1991	Intervalo	L-media	S	N	N calc.	I. S.
1	138-147	143.24	4.283	12	13	
2	150-156	151.26	2.156	17	17	2.603
3	156-162	158.75	0.937	7	9	4.604
4	162-171	166.47	1.348	8	7	6.655
1993	Intervalo	L-media	S	N	N calc.	I. S.
1	150-156	151.00	2.080	12	7	
2	156-165	160.59	1.439	6	5	5.449

ANEXO 3

Resultados del análisis de cohortes en adultos, con datos de longitud total cal-culada, con el método de Bhattacharya y el programa LFS

1987	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	132-138	134.78	2.070	16	15	
2	141-147	142.17	2.475	44	46	3.253
3	156-162	156.530	4.274	73	44	4.253
1989	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	147-153	150.00	2.547	11	10	
2	153-159	155.94	0.998	13	17	3.352
3	165-174	167.06	3.492	26	20	4.949
1990	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	144-153	147.76	3.151	25	21	
2	153-162	159.96	1.549	15	15	3.913
3	162-171	165.96	2.120	7	7	4.903
1991	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	147-153	148.5	1.801	7	6	
2	153-159	155.86	1.034	5	6	5.187
3	159-165	161.75	1.040	3	4	5.674

ANEXO 4

Resultados del análisis de cohortes en adultos, sólo con datos de hembras, con el método de Bhattacharya y el programa LFSA

1985	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	144-150	145.95	1.971	18	15	
2	153-162	156.06	2.983	22	23	4.080
3	162-171	166.67	1.404	10	9	4.833
4	171-177	172.55	2.506	4	4	3.007
1986	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	147-156	148.96	2.913	24	15	
2	156-165	161.19	1.951	7	7	5.025
3	165-171	166.61	1.748	6	6	2.933
1987	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	129-135	131.28	2.060	10	9	
2	135-147	141.98	1.807	32	32	5.533
3	147-153	149.48	2.231	53	53	3.714
4	153-165	159.55	1.682	49	49	5.146
5	165-174	168.91	5.413	25	29	2.637
6	180-186	181.792	2.542	3	3	3.238
1988	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	147-156	149.37	2.862	15	13	
2	162-171	166-170	5.094	33	32	4.223
1991	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	150-156	151.50	1.672	9	79	
1993	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	147-153	148.50	2.547	5	4	

ANEXO 5

Resultados del análisis de cohortes en adultos, sólo con datos de machos, con el método de Bhattacharya y el programa LFSA

1987	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	129-138	133.60	3.434	74	69	
2	138-147	142.90	1.879	64	64	3.498
3	147-153	149.29	2.018	43	43	3.281
4	156-165	157.05	4.152	39	47	2.512
1988	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	144-156	147.95	3.069	26	24	
2	156-168	162.39	2.521	7	7	5.165
1991	Intervalo	L media	S	N	N calc.	I. S.
1	141-147	143.00	2.080	8	7	
2	147-159	153.29	1.766	12	12	5.353
3	159-165	162.01	3.645	3	3	3.220