



INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Número

049 --

Páginas

15 -

Fecha de aprobación

09 AGO 2010

Dirección

Dirección de Pesquerías Demersales

Programa / Gabinete

Pesquerías Condrictios

Actividad

Edad y crecimiento de condrictios del ecosistema bonaerense

Edad y crecimiento de *Mustelus schmitti* (gatuzo), en la región costera bonaerense y uruguaya

Resumen

La edad, el crecimiento, y la longevidad de *Mustelus schmitti* (gatuzo) fueron estimados a partir de la lectura de vértebras de 193 machos (39-90 cm de longitud total) y 226 hembras (39-95 cm LT). Las curvas de crecimiento fueron ajustadas con datos de longitud por edad utilizando los modelos tradicionales de tres parámetros de von Bertalanffy y Gompertz y las variantes de los mismos con la longitud del pez al nacer L_0 fijo. La función de crecimiento von Bertalanffy con L_0 fijo (VBGF-2 parámetros), aunque no ha sido seleccionada estadísticamente como el modelo con mejor ajuste, proporcionó los parámetros biológicos con valores más próximos a los observados y/o razonables biológicamente. Los parámetros estimados fueron $L_\infty = 96,4$ cm LT y $k = 0,128$ año⁻¹ en machos y $L_\infty = 104,1$ cm LT y $k = 0,109$ año⁻¹ en hembras. La longevidad fue calculada en 20,8 años y 24,7 años en machos y hembras, respectivamente, mientras que la edad de primera madurez fue estimada en aproximadamente 4 años para ambos sexos.

Citar Indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP

Institución

SOLICITADO POR

Institución

Cargo

Cargo

PREPARADO POR

APROBADO POR

Firma:

Nombre: Hozbor, Natalia M.

Jefe de Programa / Gabinete

Firma:

Nombre: Sáez, Margarita

Director de área
LIC. PATRICIA A. MARTÍNEZ
A/C Dirección
Pesquerías Demersales

Firma:

Nombre: Massa Ana M.

Director Nacional de Investigación

Firma:

Nombre:

Dr. OTTO C. WÖHLER
DIRECTOR
Dirección Nacional de Investigación
INIDEP
Director del INIDEP

DNI 307 / - / - / -

Edad y crecimiento de *Mustelus schmitti* (gatuzo), en la región costera bonaerense y uruguaya

Natalia M. Hozbor, M. Sáez y A. M. Massa

RESUMEN

La edad, el crecimiento, y la longevidad de *Mustelus schmitti* (gatuzo) fueron estimados a partir de la lectura de vértebras de 193 machos (39-90 cm de longitud total) y 226 hembras (39-95 cm LT). Las curvas de crecimiento fueron ajustadas con datos de longitud por edad utilizando los modelos tradicionales de tres parámetros de von Bertalanffy y Gompertz y las variantes de los mismos con la longitud del pez al nacer L_0 fijo. La función de crecimiento von Bertalanffy con L_0 fijo (VBGF-2 parámetros), aunque no ha sido seleccionada estadísticamente como el modelo con mejor ajuste, proporcionó los parámetros biológicos con valores más próximos a los observados y/o razonables biológicamente. Los parámetros estimados fueron $L_{\infty} = 96,4$ cm LT y $k = 0,128$ año⁻¹ en machos y $L_{\infty} = 104,1$ cm LT y $k = 0,109$ año⁻¹ en hembras. La longevidad fue calculada en 20,8 años y 24,7 años en machos y hembras, respectivamente, mientras que la edad de primera madurez fue estimada en aproximadamente 4 años para ambos sexos.

INTRODUCCION

Mustelus schmitti (gatuzo) es el tiburón más desembarcado por la flota comercial argentina (~8.000 t anuales) (Massa y Hozbor, 2003). Se distribuye en aguas atlánticas sudamericanas entre los 22° S (Brasil) y los 47° 45' S (Argentina), hasta los 120 m de profundidad (Menni, 1985; Cousseau y Perrotta, 2000; Chiaramonte y Pettovello, 2000). La zona de mayor concentración corresponde al área costera bonaerense y uruguaya (34° y 41,5° S), a profundidades menores a 50 m. (Figura.1). En dicha región se lo captura durante todo el año, principalmente como parte de una pesquería multiespecífica que opera sobre el variado costero (Massa *et al.*, 2004).

Diversos estudios sobre la distribución, abundancia, alimentación y aspectos reproductivos se han llevado a cabo sobre esta especie (entre otras Menni, 1985; Menni *et al.*, 1986; Cousseau, 1986; Cousseau *et al.*, 1998, Massa 1998; Massa y Lasta, 1999). En edad y crecimiento de *M. schmitti* existe en la bibliografía un estudio realizado a partir del análisis de progresión modal, sin discriminar por sexos (Massa, 1998). Según Massa (1998), *M. schmitti* alcanzaría la madurez sexual aproximadamente a los 2,7 años y crecería hasta el 60% de la longitud máxima en los 2 primeros años de vida. Estos valores fueron reportados como preliminares, ya que deberían ser corroborados por la lectura de anillos de crecimiento en vértebras (Massa *et al.*, 2004).

Sus características biológicas (talla pequeña, ciclo reproductivo anual, talla de madurez temprana, entre otras) y los relativamente altos valores de biomasa, permitirían una explotación sustentable dentro del conjunto de tiburones que se distribuyen en la Plataforma Continental Argentina (Massa *et al.*, 2004). Sin embargo, la escasa información sobre edad validada y crecimiento, imposibilita la estimación de parámetros demográficos, que resultan esenciales para conocer la productividad de las especies sometidas a explotación.

El objetivo del presente estudio fue estimar la edad y los parámetros de crecimiento de gatuzo capturado en campañas de investigación, en el área costera bonaerense y uruguaya (Figura 1), a partir del análisis de las vértebras. Se comparan 2 modelos de crecimiento y 2 variantes de los mismos para determinar cuál de las funciones de crecimiento proporciona el mejor ajuste a los datos.



Figura 1. Área de estudio y lances de pesca donde se capturaron los ejemplares de gatuzo analizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *M. schmitti* fueron capturados durante 2 campañas de investigación realizadas por los buques de investigación del INIDEP, en el área costera bonaerense y uruguaya, a profundidades menores a 50 (Figura 1) durante los años 2003 y 2004. De cada individuo se registró la longitud total (cm), el peso (gr) y el sexo. Para determinar la edad se extrajo una sección de la columna vertebral conteniendo de 5 a 10 vértebras, de la región ubicada debajo de la primera aleta dorsal. Fueron conservadas congeladas hasta su procesamiento en el laboratorio.

Las vértebras se limpiaron con una solución al 1% de endopeptidasa serina alcalina (Protex 6L) y luego se dejaron secar por 24 hrs. Las vértebras secas fueron montadas en resina epoxi y luego cortadas sagitalmente a través del focus. Los cortes fueron observados bajo microscopio estereoscópico con luz incidente.

Los patrones de crecimiento de las vértebras consistieron en bandas translucidas angostas (hialinas) separadas por bandas anchas (opacas). La edad de los ejemplares fue estimada a partir del número de bandas hialinas menos uno, asumiendo que la primera banda hialina correspondía a la marca de nacimiento, ya que coincidió con el cambio de ángulo (Figura 2).

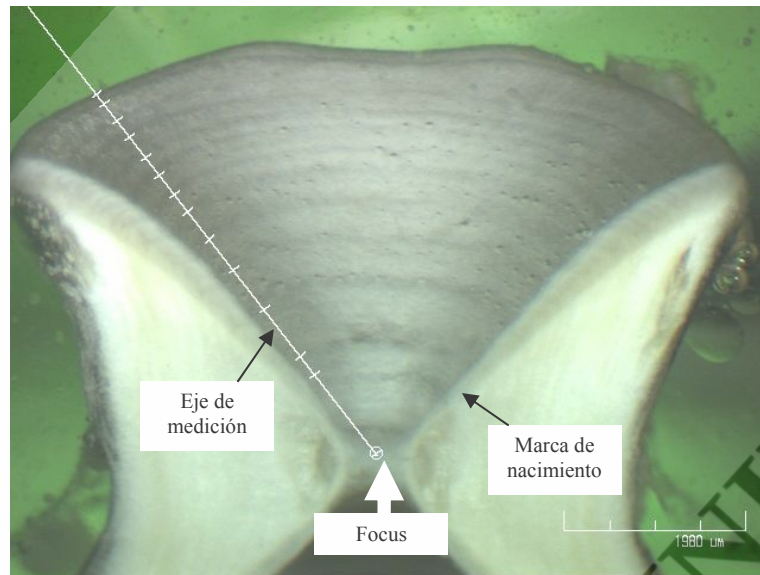


Figura 2. Corte sagital de una vértebra de *M. schmitti*

El radio de la vértebra fue medido desde el focus hasta el borde, a lo largo del eje del corpus calcarium. La longitud total (LT) del ejemplar fue graficada contra el radio de la vértebra (RV) para determinar si existe relación entre el crecimiento de la vértebra y el crecimiento somático del animal. Se calculó, el coeficiente de correlación y se estimó la mejor función de regresión entre RV y LT. Las relaciones encontradas en machos y hembras fueron comparadas a través de una prueba de pendientes y elevaciones, mediante el estadístico “t” de Student.

Cada vértebra fue leída de forma independiente por 2 lectores. Para establecer la precisión en la estimación de edad se utilizó el error porcentual promedio (APE) (Beamish y Fournier 1981):

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|T_{ij} - T_j|}{T_j} \right]$$

para el j -ésimo individuo. Además se calculó el coeficiente de variación (V) (Campana *et al.* 1995).

$$V = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(T_{ij} - T_j)^2}{R - 1}}}{T_j}$$

donde N es el número de individuos, R es el número de veces que la muestra fue leída, T_{ij} es la i -ésima determinación de edad del j -ésimo individuo, T_j es la edad promedio calculada.

A cada individuo se le asignó una edad media calculada a partir de las lecturas realizadas por los 2 lectores. Los parámetros de crecimiento fueron estimados a través del ajuste a los modelos de crecimiento tradicionales (3 parámetros) tanto de von Bertalanffy (MCVB) como de Gompertz (MCG). Así como también se utilizó la variante con L_0 fijo de cada modelo, incorporándose $L_0 = 27$ cm LT (Cortés y Massa, 2006).

MCVB-3 parámetros (von Bertalanffy 1938)

$$L_t = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0) * e^{-kt}$$

MCVB-2 parámetros

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - 27) * e^{-kt}$$

MCG-3 parámetros (Gompertz 1825),

$$L_t = L_0 (e^{G(1-e^{-kt})}) \quad G = \text{Ln}\left(\frac{L_\infty}{L_0}\right)$$

MCG-2 parámetros

$$L_t = 27 (e^{G(1-e^{-kt})})$$

donde L_∞ , K y L_0 son los parámetros del modelo, y L_t es la longitud total a la edad t , L_∞ es la longitud asintótica, k es el parámetro de curvatura y determina la rapidez con la que un organismo alcanza L_∞ , L_0 es la longitud total al nacer y G es la tasa instantánea de crecimiento al tiempo t .

La estimación de los parámetros de crecimiento se realizó empleando una estimación no lineal por el método mínimos cuadrados y con el algoritmo Marquardt. Como medida de bondad de ajuste se utilizó:

- ❖ el análisis del error medio cuadrado de los residuales (MSE), dado por SCR/glr . donde glr son los grados de libertad de los residuos en el análisis de varianza de la regresión no lineal y SCR representa la suma de cuadrados de los residuos (o error) y es la parte de la varianza no explicada por el modelo.
- ❖ coeficiente de determinación (r^2) dado por $(1 - \text{SCR}/\text{SCT})$ donde SCR y SCT representan la suma de cuadrados de los residuos y del total corregida, respectivamente.
- ❖ el criterio de información de Akaike (AIC).

$$AIC = n \text{Ln}(\text{MSE}) + 2p$$

donde n es el número de individuos, MSE es el error medio cuadrado de los residuales y p es el número de parámetros estimados en la función de crecimiento (Haddon, 2001).

Los tres parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy obtenidos para cada sexo fueron comparados simultáneamente mediante una prueba multivariada de T^2 de Hotelling (Bernard, 1981), pero con la formulación propuesta por Cerrato (1990), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T^2 = \frac{N_1 + N_2}{N_1 + N_2} [P_1 - P_2]' * S_{[P_1-P_2]}^{-1} * [P_1 - P_2]$$

donde N_1 y N_2 representan la cantidad de tiburones en los dos grupos por comparar y $[P_1-P_2]$ es el vector diferencia de los parámetros de crecimiento, $[P_1-P_2]'$ es el vector transpuesto de $[P_1-P_2]$ y $S_{[P_1-P_2]}^{-1}$ es la matriz inversa de varianza-covarianza del vector diferencia de los parámetros de crecimiento.

Considerando “ H_0 : Igualdad de vectores de los parámetros de crecimiento entre los sexos”, la hipótesis H_0 es aceptada si T^2 calculado, es menor al valor crítico T_0^2 , obtenido mediante la siguiente expresión:

$$T_0^2 = 3 * \left(\frac{N_1 + N_2 - 6}{N_1 + N_2 - 8}\right) * F_{\alpha}(3, N_1 + N_2 - 6)$$

En la ecuación F corresponde al percentil de la distribución de Fisher con 3 y $N_1 + N_2 - 6$ grados de libertad. La prueba considera como hipótesis nula que los vectores de los parámetros de crecimiento son iguales y la rechaza cuando el F_0 calculado es mayor que el valor crítico.

La longevidad fue estimada como la edad a la cual un individuo alcanza el 95% de L_∞ (Taylor 1958). Para el MCVB fue obtenida mediante la siguiente ecuación:

$$Longevidad = \left(\frac{1}{k}\right) \ln \left[\frac{(L_\infty - L_0)}{L_\infty (1 - (0.95 * L_\infty))} \right]$$

y para el MCG:

$$Longevidad = \left(\frac{1}{k}\right) \ln \left[\frac{\ln\left(\frac{L_0}{L_\infty}\right)}{\ln(0.95 * L_\infty)} \right]$$

RESULTADOS

Se analizaron las vértebras de 421 ejemplares de *M. schmitti* (196 machos y 225 hembras) capturados en el área de mayor concentración (Figura 1). El rango de tallas estuvo comprendido entre 39 y 90 cm de LT (promedio=65,48 cm y mediana= 68 cm de LT) en machos; y en hembras de 39 a 95 cm de LT (promedio= 69,8 cm y mediana= 73 cm de LT). El 50 % de los ejemplares analizados correspondió a individuos entre 54 y 76 cm de LT (machos) y entre 60 y 81 cm de LT (hembras) (Figura 3). Los ejemplares entre los 39 y 53 cm de LT y entre los 77 y 95 cm de LT representaron sólo el 19,5 % y 32,3% de la muestra total (Figura 3).

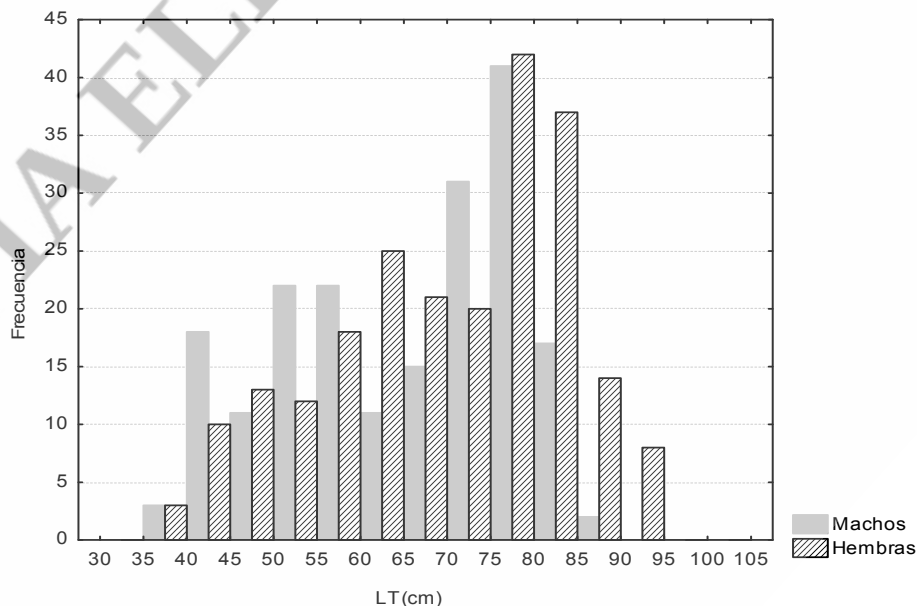


Figura 3: Frecuencia de tallas por sexo, de los ejemplares de *M. schmitti* analizados.

La relación entre el radio de la vértebra (Rv) y la longitud total (LT) del ejemplar, indicó una correlación significativa de tipo lineal ($p < 0,05$), tanto en hembras como en machos (Figura 4). El incremento de la vértebra con la longitud total de los individuos demostró que esta estructura fue adecuada para la determinación de la edad (Figura 4). Se determinó que existen diferencias significativas de ésta relación entre sexos, tanto en la pendiente ($F = 20,86$; $P < 0,001$) como en el intercepto ($F = 23,23$; $P < 0,001$). El coeficiente de determinación fue 0,82 y 0,84 en machos y hembras respectivamente, indicando una relación directamente proporcional entre las dos variables (Figura 4).

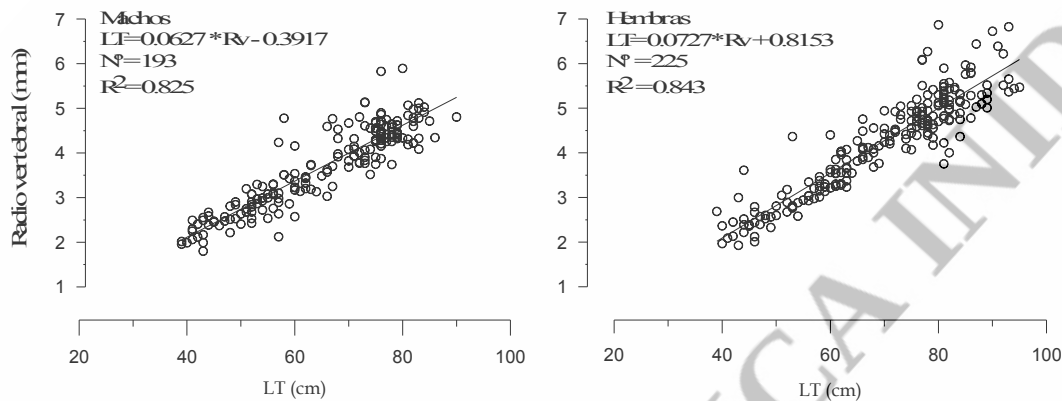


Figura 4. Relación entre el radio de la vértebra (mm) y la longitud total (cm) en *M. schmitti*.

Solo 5 vértebras del total analizado fueron descartadas del análisis, ya que resultaron poco legibles. La comparación de las dos lecturas independientes indicó que la determinación de la edad fue consistente y con alta precisión (APE= 6,9 %). Además se calculó el coeficiente de variación (CV), obteniendo un valor de 9,7 %, indicando que la variación entre las lecturas fue baja según los valores reportados por Campana (2001).

Las edades estimadas en machos ($n = 193$) variaron entre 1 y 14 años, predominando los ejemplares entre 3 y 5 años con el 32 % y entre 7 y 9 años con el 31,6% del total de machos analizados (Tabla 1). En hembras ($n = 223$) las edades variaron entre 2 y 16 años, siendo más frecuentes los ejemplares de 5 a 6 años; y de 8 a 10 años, representando respectivamente el 18,2 % y el 34,2 % del total de hembras analizadas (Tabla 1). La hembra más grande fue de 95 cm de LT con 13 años y la de mayor edad fue de 16 años con 92 cm de LT. En machos la talla máxima registrada fue de 90 cm de LT (10 años) y la edad máxima determinada fue de 14 años con 83 cm de LT (Tabla 1). Considerando las tallas medias por edad, se observó que el crecimiento fue similar en ambos sexos hasta aproximadamente los 75-78 cm de LT, cuando alcanzan los 10 años. A partir de dicha edad las tallas promedio de las hembras fueron mayores que las de los machos (Tabla 1), coincidiendo con lo reportado para otras especies de tiburones Carcharhiniformes (Hoening y Gruber 1990).

TABLA 1: Longitudes totales promedio (cm) observadas, desvío estándar (SD), longitudes mínimas – máximas (Min-Max) y número de individuos (N°) por edad por sexo.

Edad	MACHOS				HEMBRAS			
	Promedio	SD	Min-Max	N°	Promedio	Min-Max	SD	N°
1	39,0	0,00	39-39	2				
2	42,7	1,74	40-45	11	43,8	39-48	2,66	10
3	47,4	3,82	41-54	17	47,7	40-54	4,40	15
4	52,9	3,89	41-60	24	50,3	43-58	4,96	12
5	58,2	4,33	49-66	20	59,1	53-66	3,10	21
6	63,0	4,94	52-73	15	62,3	53-69	3,42	20
7	70,8	6,60	58-83	20	68,0	59-82	6,13	17
8	75,8	5,54	67-84	16	73,8	64-82	5,62	20
9	76,5	3,18	71-82	25	77,8	65-89	6,38	29
10	77,9	5,19	68-90	15	78,5	66-88	5,01	28
11	77,0	2,78	70-82	15	80,4	72-93	5,49	17
12	79,4	4,35	75-85	7	83,0	76-93	6,56	7
13	76,5	0,71	76-77	2	83,3	76-95	5,58	15
14	80,0	4,36	75-83	3	86,0	81-94	3,93	8
15				2	88,7	84-93	4,51	3
16					92,0	92-92		1

En la Tabla 2 se presentan los parámetros estimados y las medidas de bondad de ajuste de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (MCVB) y de Gompertz (MCG). Los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy de las hembras y los machos fueron significativamente diferentes ($T^2 = 9,97 > T_0^2 = 7,92$, $p < 0,0001$). Por lo tanto, todos los modelos fueron ajustados a datos talla-edad de machos ($n = 193$) y de hembras ($n = 223$), para cada sexo por separado.

TABLA 2: Parámetros estimados y medidas de bondad de ajuste de las modelos de crecimiento de Von Bertalanffy y de Gompertz, ajustados a datos talla-edad de machos ($n=193$), hembras ($n=223$).

MODELO	L_{∞}	K	L_0	G	Edad madurez	Longevidad	R^2	AIC	MSE
Machos N=193									
Von Bertalanffy	90,8	0,163	21,5		4,1	16,7	86,8	612,3	23,1
con L_0 fijo	96,4	0,128	27,0*		4,0	20,8	86,5	614,1	23,6
Gompertz	86,2	0,244	25,4	1,222	1,9	13,0	86,8	602,9	22,0
con L_0	87,3	0,227	27,0*	1,173	2,2	13,8	86,8	600,9	22,0
Hembras N=223									
Von Bertalanffy	100,1	0,125	23,9		4,4	21,8	85,6	740,9	27,0
con L_0 fijo	104,1	0,109	27,0*		4,3	24,7	85,5	738,9	27,0
Gompertz	93,9	0,192	28,0	1,211	2,9	16,5	85,9	736,8	26,5
con L_0	93,0	0,200	27,0*	1,237	2,6	15,9	86,8	734,0	26,4

* $L_0 = 27$ cm de LT (Cortés y Massa, 2006)

Los ajustes de los modelos de crecimiento fueron altamente significativos ($P < 0,00001$) (Tabla 2, Figura 6). Si bien los valores de r^2 , MSE y AIC fueron muy similares entre los modelos analizados, el MCG presentó mejor ajuste que el MCVB con valores altos de r^2 y los menores valores tanto MSE como AIC (Tabla 2).

Las tallas asintóticas (L_{∞}) estimadas a partir del MCG tradicional (3 parámetros) y con L_0 fijo (2 parámetros) fueron menores a la longitud máxima observada tanto en machos (90 cm de LT) como en hembras (95 cm de LT) (Tabla 2, Figura 6). En cambio los MCVB tradicional (3

parámetros) y con L_0 fijo (2 parámetros) proporcionaron valores de L_∞ superiores a las tallas máximas observadas en ambos sexos. (Tabla 2).

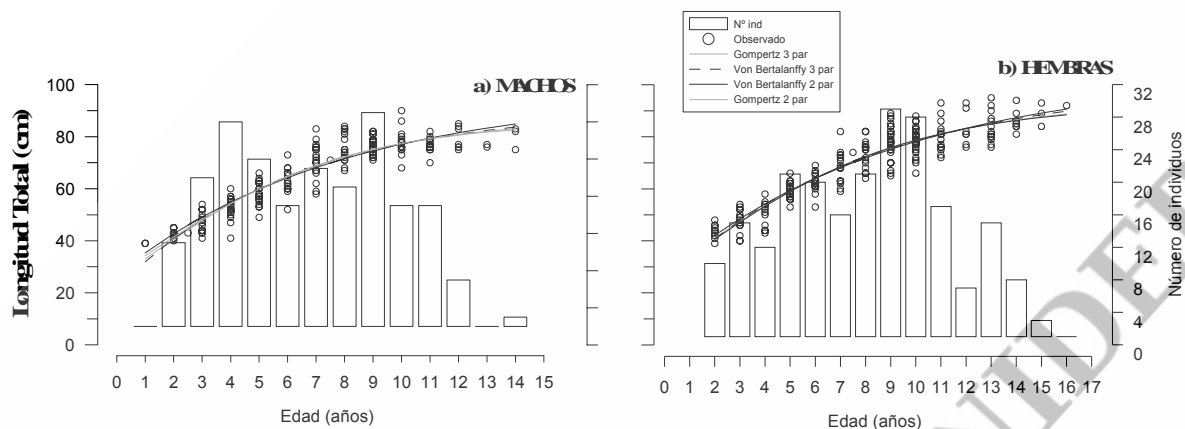


Figura 6. Curvas de crecimiento estimadas a partir de datos observados de talla-edad en machos y hembras de *M. schmitti*.

El coeficiente de crecimiento (k) más bajo se obtuvo con el MCVB-2 parámetros ($k= 0,128$ y $0,109$ años⁻¹) tanto en machos como en hembras, mientras que el valor más alto lo proporcionó el MCG-2 parámetros (Tabla 2). La talla de nacimiento (L_0), en general fue subestimada, con valores estimados que fluctuaron entre 21,5 y 25,4 cm de LT (Tabla 2).

La edad de madurez se calculó a partir de la talla media de madurez 55 cm de LT para machos y de 56 cm de LT para hembras estimadas por Cortés y Massa, (2006). Dichas tallas correspondieron a las edades entre 1,9- 2,2 años en machos y 2,6-2,9 años en hembras aplicando los MCG tradicional y con L_0 fijo, respectivamente (Tabla 2). Con MCVB de 3 parámetros y con 2 parámetros estos valores se estimaron entre 4 y 4,4 años (Tabla 2). La longevidad fue estimada en 13 y 16,5 años basados en MCG tradicional y en 13,8 y 15,9 años con MCG con L_0 fijo, para machos y hembras, respectivamente (Tabla 2). El MCVB tradicional estimó la longevidad en 16,7 y 21,8 años en machos y hembras, respectivamente. Mientras que el MCVB con L_0 fijo la estimó en 20,8 años en machos y en 24,7 años en hembras (Tabla 2).

DISCUSION

El presente estudio proporciona las primeras estimaciones detalladas de edad y crecimiento de *M. schmitti*, a partir de lecturas de vértebras. Si bien las estimaciones de edad no han sido validadas, se asumió la formación anual del anillo de crecimiento, al igual que otras especies del género *Mustelus* (Goosen y Smale, 1997; Conrath et al., 2002). La precisión de los conteos de las bandas de crecimiento (APE) fue buena y el valor de estimado de APE (6,9 %) sugiere que la determinación de la edad fue razonable. Estudios sobre edad de otras especies de tiburones (ver Cailliet et al., 1990; Lessa et al., 1999) presentaron valores de APE similares.

Existen varios modelos y variaciones de éstos para la estimación de parámetros de crecimiento en peces, de los cuales von Bertalanffy y Gompertz son los más comúnmente utilizados (ver Ricker 1979; Haddon, 2001). El modelo de crecimiento de von Bertalanffy (MCVB) ha sido aplicado para describir el crecimiento en peces, y el modelo de Gompertz (MCG) se ha utilizado en la descripción del crecimiento larval y de juveniles en peces y en muchos invertebrados (Zweifel y Lasker, 1976; Ricker 1979).

Si bien en elasmobranchios los estudios de edad y crecimiento se han centralizado en el ajuste de datos de talla por edad mediante la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, en estudios recientes (Cailliet y Goldman 2004; Carlson y Baremore 2005; Neer y Thompson 2005) se ha señalado que la función de Gompertz podría describir mejor el crecimiento de animales, que una vez que han alcanzado una talla máxima, continúan creciendo en peso y volumen, pero no en longitud. La selección de un modelo de crecimiento adecuado es importante al estimar los parámetros específicos determinados a partir de la edad (mortalidad, crecimiento, etc.), dado que son la base de los modelos de dinámica de poblaciones utilizados en el análisis de pesquerías.

En el presente estudio, se aplicaron los modelos de von Bertalanffy (MCVB) y Gompertz (MCG) para estimar los parámetros de crecimiento de *M. schmitti*, tanto en su forma tradicional con 3 parámetros (L_{∞} , k y L_0) así como la variante de 2 parámetros (L_{∞} y k) fijando el valor de L_0 (27 cm de LT). Estos modelos proporcionaron ajustes altamente significativos a los datos observados de longitud por edad. Las medidas de bondad de ajuste consideradas en este estudio presentaron valores similares entre las curvas analizadas.

El modelo de Gompertz (MCG) subestimó el valor de la talla asintótica (L_{∞}), proporcionando valores menores que la longitud máxima observada (90 cm en machos y 95 cm de LT en hembras), tanto en su forma tradicional de 3 parámetros como con L_0 fijo (2 parámetros). Consecuentemente, la tasa a la cual se aproxima a la longitud asintótica aumenta y, por tanto, estos modelos proporcionaron los coeficientes de crecimiento (k) más altos.

En el caso del modelo de von Bertalanffy (tradicional) si bien estimó la talla asintótica (90 cm y 100,1 cm de LT en machos y en hembras, respectivamente) en valores próximos a las tallas máximas observadas, subestimó el valor de la talla de nacimiento (L_0) 21,5 cm de LT en machos y 23,9 cm de LT en hembras. Cortés y Massa (2006) han reportado que las crías de gatuzo al nacer presentan una LT de aproximadamente de 27 cm.

Por último, el modelo de von Bertalanffy con L_0 fijo (2 parámetros) proporcionó los parámetros biológicos con valores más próximos a los observados y/o razonables biológicamente. Las tallas asintóticas estimadas fueron 96,4 cm de LT en machos y 104,1 cm de LT en hembras y los valores del coeficiente de crecimiento (k) obtenidos a partir de este modelo fueron los más bajos, 0,128 años⁻¹ en machos y 0,109 años⁻¹ en hembras.

Entre los parámetros proporcionados por los modelos, el coeficiente de crecimiento (k) ha sido de gran utilidad para la comparación del crecimiento entre las especies (Musick, 2001). Branstetter (1987) categorizó los valores de k como 0,05-0,10 años⁻¹ para las especies de crecimiento lento, 0,10 - 0,20 años⁻¹ para las especies con crecimiento moderado, y 0,20-0,50 años⁻¹ para las especies de crecimiento rápido.

Los coeficientes de crecimiento estimados en este estudio, 0,128-0,244 años⁻¹ en machos y 0,109-0,2 años⁻¹ en hembras, permitirían concluir que el crecimiento del gatuzo en aguas costeras bonaerenses y uruguayas es moderado cuando se compara con otras especies de tiburones. En otras especies del género *Mustelus*, se han estimado valores que variaron entre 0,1 años⁻¹ en machos de *M. lenticulatus* a 0,695 años⁻¹ en machos de *M. manazo*. En hembras se han determinado entre 0,06 años⁻¹ para *M. antarcticus* a 0,42 años⁻¹ para *M. lenticulatus* (Tanaka y Mizue, 1979; Yudin y Cailliet, 1990, Moulton *et al.*, 1992; Francis y Francis, 1992; Yamaguchi *et al.*, 1996; Goosen y Smale, 1997; Conrath *et al.*, 2002; Farrell *et al.*, 2010).

Al igual que en otras especies del género *Mustelus*, las hembras y los machos de *M. schmitti* crecen en forma similar durante los primeros años hasta aproximadamente 75-78 cm de LT. Luego, las tallas medias por edad en hembras fueron mayores que en machos, alcanzando tallas máximas mayores en concordancia con otras especies de tiburones Carcharhiniformes (Hoening y Gruber, 1990). Esto indica que existiría una diferencia en el crecimiento entre sexos.

La longitud asintótica de *M. schmitti* está en el rango medio de los valores de L_{∞} estimados para otras especies de *Mustelus*, que van desde $L_{\infty} = 71,4$ y $88,6$ cm en machos y hembras de *M. manazo* (Tanaka y Mizue, 1979) a $L_{\infty} = 155,9$ y $233,6$ cm en machos y hembras de *M. antarcticus* (Moulton *et al.*, 1992). Dentro de las especies de tiburones del género *Mustelus*, *M. schmitti* representa una especie de tamaño mediano con tallas máximas entre 90-95 cm de LT, que alcanza la madurez sexual a tallas medias, entre el 59 y 61 % de la longitud máxima observada en el presente estudio. Rojas (2006) determinó que *M. dorsalis* necesita alcanzar entre el 76 y el 90 % del tamaño total para madurar mientras que otras especies de *Mustelus* tienen una proporcionalidad entre 49-56 % (*M. californicus*) (Yudin y Cailliet, 1990), entre 52-66 % (*M. henlei*) (Compagno, 1984), y entre 51-58 % *M. mento* (Compagno, 1984).

Las edades mínimas de madurez (1,9-2,9 años) estimadas a partir de MCG fueron similares a las reportadas por Massa (1998), determinadas a partir de un estudio de progresión modal de longitud total, sin discriminar por sexos. Según estos valores *M. schmitti* alcanzaría casi el 60% de la longitud máxima observada durante los dos primeros años, hecho que no coincide con las lecturas realizadas en este estudio. Por otro lado, el MCVB con L_0 fijo proporcionó un valor de edad de madurez más próximo a los observados, 4,3 años en hembras y 4 años en machos.

Las edades máximas observadas mediante la lectura de las vértebras en el presente estudio (14 años en machos y de 16 años en hembras), fueron mayores a las calculadas en otras especies del género *Mustelus*. Farrell *et al.*, (2010) estimaron las edades máximas en 13 años para *M. asterias*, Conrath *et al.*, (2002) calcularon las edades máximas entre 10 y 16 años en *M. canis*.

Los resultados del presente estudio nos permiten concluir que *M. schmitti*, en el área costera bonaerense y uruguaya, posee un crecimiento moderado para una especie de tiburón y madura a una edad relativamente temprana. Éstas características podrían hacer que *M. schmitti* sea más productivo y posiblemente posea una mayor capacidad de recuperación frente a la explotación pesquera que otras poblaciones de tiburones.

CONCLUSIONES

- El intervalo de tallas para el gatuzo en el área costera bonaerense y uruguaya fue de 39 a 95 cm de LT, con un dominio de tallas entre los 54 y 61 cm de LT.
- La relación que existe entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos es lineal, indicando que existe un crecimiento directamente proporcional entre la estructura y la longitud corporal.
- Las edades determinadas en los ejemplares de gatuzo fueron de 1 a 14 años en machos y de 1 a 16 años en hembras, siendo los más frecuentes los individuos entre 5 y 10 años.
- A pesar de no haber sido seleccionado estadísticamente como el modelo con mejor ajuste, el MCVB-2 parámetros fue la función de crecimiento que proporcionó los valores de talla asintótica (L_{∞}), edad de primera madurez y longevidad, más razonables de acuerdo a los valores observados.
- Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy con L_0 fijo (27 cm LT) para la especie fueron: $L_{\infty} = 96,4$ cm LT; $k = 0,128$ año⁻¹ en machos y $L_{\infty} = 104,5$ cm LT; $k = 0,109$ año⁻¹ en hembras.
- Los resultados sugieren que el gatuzo, *Mustelus schmitti*, presenta crecimiento moderado comparado con otras especies de tiburones.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bernard DR (1981) Multivariate Analysis as a means of comparing growth in fish. *Can J Fish Aquat Sci* 38:233–236
- Branstetter S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environ. Biol. Fish.* 19: 161-173.
- Cailliet, G.M. y K.J. Goldman. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. En: J.C. Carrier, J.A. Musick y M.R. Heithaus (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press. EU, pp: 399-439.
- Cailliet, G.M., K.G. Yudin, S. Tanaka y T. Taniuchi. 1990. Growth characteristics of two populations of *Mustelus manazo* from Japan based upon cross-readings of vertebral bands. En: H.L. Pratt, S.H. Gruber y T. Taniuchi (eds.). *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology systematics and status of the fisheries*. NOAA Technical Report NMFS. 90:167-176.
- Cerrato RM. 1990. Interpretable statistical test for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 47: 1416-1426.
- Chen Wei-Ke; Chen Po-Chuan ; Liu Kwang-Ming ; Wang Shyh-Bin. 2007. Age and Growth Estimates of the Whitespotted Bamboo Shark, *Chiloscyllium plagiosum*, in the Northern Waters of Taiwan. *Zoological Studies* 46(1): 92-102.
- Chen Y, Jackson DA, Harvey HH (1992) A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.* 49: 1228-1235.
- Compagno, L. 1984. *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes*. FAO species Catalogue. FAO Fish Synop. No. 125: 1-249.
- Conrath, C. L., Gelsleichter, J., and Musick, J. A. 2002. Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the Northwest Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin US*, 100: 674–682.
- Cortés, F. y Massa, A.M. 2006. Aspectos reproductivos del gatuzo (*Mustelus schmitti*). Informe Técnico Interno INIDEP N° 81/06.
- Farrell, E. D., Mariani, S., and Clarke, M. W. 2010. Age and growth estimates for the starry smoothhound (*Mustelus asterias*) in the Northeast Atlantic Ocean. – *ICES Journal of Marine Science*, 67: 000–000.
- Francis, M. P., y R. I. C. C. Francis. 1992. Growth rate estimates for New Zealand rig (*Mustelus lenticulatus*). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43:1157–1176.
- Goosen, A. J. J., and Smale, M. J. 1997. A preliminary study of age and growth of the smooth-hound shark *Mustelus mustelus* (Triakidae). *South African Journal of Marine Science*, 18: 85–91.
- Hoenig JM, MJ Morgan, CA Brown. 1995. Analyzing differences between two age determination methods by tests of symmetry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 364-368.
- Lessa, R., F. Marcante-Santana y R. Paglerani. 1999. Age, growth and stock structure of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus*, from the southwestern equatorial Atlantic. *Fisheries Research* 42:21–30.
- Massa, A. M. 1998. Estructura poblacional del gatuzo (*Mustelus schmitti*) en la costa bonaerense y uruguaya asociado a condiciones ambientales. Tesis para optar al título de Licenciatura. Universidad Nacional de Mar del Plata, 58 pp.
- Massa, A.M. y N.M. Hozbor. 2003. Peces cartilaginosos de la plataforma argentina: Explotación, situación y necesidades para un manejo pesquero adecuado. *Frente Marítimo* 19: 199-206.
- Massa, A.M., Lasta C.A. y Carozza C.R. 2004. Estado actual y explotación del gatuzo *Mustelus schmitti*. En: *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*. Tomo 4. *Biología y evaluación del estado de explotación* (Sanchez, R. y S. Bezzi eds.). Publicaciones especiales INIDEP
- Musick, J.A. 2001. Planificación del Manejo para Especies Longevas. En Eckert, Karen L. y F. Alberto Abreu Grobois (Editores). 2001. *Conservación de Tortugas Marinas en la Región del Gran Caribe – Un Diálogo para el Manejo Regional Efectivo*. Traducción al español por Raquel Briseño Dueñas y F.

Alberto Abreu Grobois. WIDECAS, UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG), WWF y el Programa Ambiental del Caribe del PNUMA. xx + 170pp.

Rojas, J.R. 2006. Reproducción y alimentación del tiburón enano *Mustelus dorsalis* (Pisces: Triakidae) en el golfo de Nicoya, Costa Rica: elementos para un manejo sostenible. *Rev. Biol. Trop.*, 54(3):861-871.

Tanaka, S., y K. Mizue.1979. Age and growth of Japanese dogfish *Mustelus manazo* Bleeker in the East China Sea. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*45:43-50.

Yudin, K.G. y G.M. Cailliet. 1990. Age and growth of the gray smoothhound, *Mustelus californicus*, and the brown smoothhound, *M. henlei*, from central California. *Copeia* 1990: 191-204.

Zweifel, J. R. y Lasker, R. 1976. Prehatch and posthatch growth fishes. A general model. *Fish. Bull.*, U.S. 74 (3): 609-621.

COPIA ELECTRONICA INIDEP